

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 магістр
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студента Перець Андрій Андрійович
(ПІБ)

академічної групи 103М-19-2
(шифр)

спеціальності 103 «Науки про Землю»
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Гідрогеологія
(офіційна назва)

на тему: «Гідродинаміка і гідрохімія гідросфери Криворізького басейну та заходи щодо її врегулювання на основі чисельних моделей»
(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	Сливна О.В.			
------------------	-------------	--	--	--

Нормоконтролер	Дерев'ягіна Н.І.			
-----------------------	------------------	--	--	--

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

гідрогеології та інженерної геології
(повна назва)_____ Рудаков Д.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ грудня 2020 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ступеню магістра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)студенту Перець А.А.
(прізвище та ініціали)академічної групи 103М-19-2
(шифр)спеціальності 103 «Науки про Землюза освітньо-професійною програмою Гідрогеологіяна тему «Гідродинаміка і гідрохімія гідросфери Криворізького Басейну та заходи щодо її врегулювання на основі чисельних моделей»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 16.11.2020 №947-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Загальний	<i>Аналіз вітчизняного та світового досвіду вивчення техногенезу гірничо-рудного профілю та басейну Кривбасу.</i>	13.10.2020- 21.10.2020
Спеціальний	<i>Аналіз природних геолого-гідрогеологічних умов та техногенних змін Криворізького басейну. Обґрунтування методики чисельного моделювання гідрогеологічної обстановки. Створення чисельної гідродинамічної моделі хвостосховища Центрального збагачувального комбінату для оцінки фільтраційних втрат. Розробка рекомендацій щодо поліпшення стану гідроєкосистеми Криворізького басейну.</i>	21.10.2020- 10.12.2020

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Загриценко А.М

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

13.10.2020 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії

11.12.2020 р.

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Перець А.А

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: с.96, табл.4, рис.29, формул 9, джерел 54

Мета роботи полягала у визначенні гідродинаміки і гідрохімії гідросфери Криворізького басейну та розробці заходів щодо врегулювання ситуації на основі чисельних моделей.

Об'єктом досліджень є гідродинамічні та гідрохімічні процеси в зоні впливу об'єктів техногенного навантаження, а саме шахт, кар'єрів, шламонакопичувачів.

В загальному розділі виконаний аналіз вітчизняного та світового досвіду вивчення техногенезу гірничо-рудного профілю та басейну Кривбасу.

Спеціальний розділ включає систематизацію даних природних геолого-гідрогіологічних умов та техногенних змін Криворізького басейну. Обґрунтування методики чисельного моделювання гідрогіологічної ситуації. Створення чисельної гідродинамічної моделі хвостосховища Центрального збагачувального комбінату для оцінки фільтраційних втрат та ефективності роботи захисних гідроспоруд. Розробку рекомендацій щодо поліпшення стану гідроекосистеми Криворізького басейну.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕХНОГЕНЕЗ, ФІЛЬТРАЦІЯ, ВОДОПРИПЛИВ, МІНЕРАЛІЗАЦІЯ, ДРЕНАЖ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНОГО ТА СВІТОВОГО ДОСВІДУ ВИВЧЕННЯ ТЕХНОГЕНЕЗУ ГІРНИЧО-РУДНОГО ПРОФІЛЮ	7
1.1 Гідрогеологічні та екологічні проблеми експлуатаційного та після закриття шахт в гірничопромислових районів.....	7
1.2 Методи прогнозування гідродинамічних змін.....	21
1.3 Способи зниження негативного впливу гірничорудних підприємств	26
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ГЕОЛОГО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ТА ТЕХНОГЕННИХ ЗМІН КРИВБАСУ	31
2.1 Особливості геологічної будови району та ділянки досліджень.....	31
2.2 Гідрогеологічні умови Криворізького басейну.....	37
2.3 Основні види техногенного навантаження на гідросферу.....	40
2.4 Вплив підземної розробки рудних родовищ на поверхні землі.....	42
2.5 Оцінка гідродинамічних та гідрохімічних змін.....	48
3 ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ КРИВБАСУ	51
4 МОДЕЛЬ ХВОСТОСХОВИЩА ЦЕНТРАЛЬНОГО ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ	62
5 ШЛЯХИ ТА ЗАСОБИ ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ ГІДРОЕКОСИСТЕМИ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ	75
5.1. Оцінка можливості закачування шахтних вод у надра	76
5.2. Акумуляція та водовідведення шахтних вод Кривбасу	78
5.3 Комплексна програма екологічного оздоровлення басейну річок	83
ВИСНОВОК	85
Список використаних джерел	87
Додатки.....	94

ВСТУП

Для нашої держави на поточному етапі розвитку та в її найближчому майбутньому значну і все зростаючу роль має проблема експлуатації та закриття гірничих підприємств та трансформації техногенних ландшафтів в природний стан, наскільки це можливо з точки зору технічних, технологічних, економічних умов в контексті вирішення пріоритетних екологічних проблем.

Криворіжжя є одним з найбільш техногенно навантажених регіонів України, де основний вплив гірничо рудних об'єктів проявляється в змінах гідрогеологічного і гідрохімічного режиму підземних та поверхневих вод.

У зв'язку з цим, в дипломній роботі розглядається актуальна наукова і практична задача оцінки гідродинамічних і геохімічних процесів Криворізького басейну з розробкою рекомендацій щодо поліпшення стану гідро екосистеми.

Мета роботи полягає у визначенні гідродинаміки і гідрохімії гідросфери Криворізького басейну та розробці заходів щодо врегулювання ситуації на основі чисельних моделей.

Предметом досліджень є гідродинамічні параметри впливу шламонакопичувача ЦГЗК на підземну та поверхневу гідросферу.

Об'єктом досліджень є гідродинамічні та гідрохімічні процеси в зоні впливу об'єктів техногенного навантаження, а саме шахт, кар'єрів, шламонакопичувачів.

Для досягнення мети поставлені і вирішенні наступні **задачі**:

- аналіз вітчизняного та світового досвіду вивчення техногенезу гірничо рудного комплексу;
- характеристика природних геолого-гідрогеологічних умов та техногенних змін Кривбасу;
- обґрунтування методики чисельного моделювання гідрогеологічної обстановки;

- створення моделі хвостосховища Центрального гірничого-збагачувального комбінату;
- розробка шляхів та засобів поліпшення стану гідро екосистеми Криворізького басейну.

Наукове та практичне значення полягає в обґрунтуванні фільтраційної та міграційної схеми моделі, що відображає вплив об'єкту гірничо збагачувального комплексу, та оцінці ефективності існуючих заходів захисту прилеглої території.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



1 АНАЛІЗ ВІТЧИЗНЯНОГО ТА СВІТОВОГО ДОСВІДУ ВИВЧЕННЯ ТЕХНОГЕНЕЗУ ГІРНИЧО-РУДНОГО ПРОФІЛЮ

1.1 Гідрогеологічні та екологічні проблеми при експлуатації та після закриття шахт в гірничопромислових районах

Для нашої держави на поточному етапі розвитку та в її найближчому майбутньому значну і все зростаючу роль буде мати проблема закриття гірничих підприємств та трансформації техногенних ландшафтів в природний стан, наскільки це можливо з точки зору технічних, технологічних, економічних умов в контексті вирішення пріоритетних екологічних проблем. Значна кількість гірничопромислових комплексів або вже реалізувала свій економічно доцільний ресурсний резерв корисних копалин, або потребують нової методологічної основи з точки зору реалізації екологічної безпеки довкілля. Головним і загальним недоліком існуючих досліджень є недостатня реалізація системного підходу в науковому вирішенні гірничо-екологічних завдань.

Під час прогнозних оцінок змін гідрогеодинамічної обстановки в районах тривалої дії гірничо-видобувних підприємств в першу чергу слід звертати увагу на техногенні чинники. Доцільно також типізувати гідрогеологічні умови, що сформувались за час розробки родовищ та виділяти окремі райони за домінуючими чинниками формування водопритоку у виробки.

Вивченість техногенезу після закриття шахт згідно [1], після зупинки гірничорудного підприємства продовження техногенезу не очікують, оскільки припиняються технічні заходи і пов'язані з ними техногенні процеси. Однак емпіричні дані про стан території закритих і зупинених рудників і шахт в різних регіонах світу, показують, що небезпечні геологічні процеси в літосфері тривають і на після експлуатаційній стадії, іноді навіть в більшому обсязі.

Поняття «техногенез» було запропоновано А.Е. Ферсманом в 1934 року для характеристики техногенних геохімічних ландшафтів в умовах експлуатації рудних родовищ, як сукупний прояв техногенних процесів розсіювання рудної

мініралізації на поверхні Землі. З точки зору А. Е. Ферсмана, «людяності такий же природний агент, як жар і холод, що дроблять горні породи, як живі організми, що створюють особливі хімічні сполуки, мінерали, горні породи».

Ферсман підкреслює принципову термодинамічну відмінність між процесами живої і неживої природи. «У неживій природі переважатиме а дає розсіювання 15 енергії, спрощення структур, прагнення до рівноваги, спокою. А життя - це накопичення енергії, ускладнення, оновлення, нестійкість і її постійне збереження, спрямованість до нових рубежів, до освоєння нових просторів, речовин, інтервалів часу ». В «... області життя могутнім ... діячем виступає людина», стверджує далі академік А.Є. Ферсман «... Тисячами способів акумулює людина запаси природних сил, вся діяльність його невинно і наполегливо спрямована на освіту з великим запасом енергії», що йде в розріз з еволюційною тенденцією землі до спрощення і розсіюванню енергії ».

Вплив техногенезу на підземні води і навколишнє середовище в своїй роботі з історії природних вод в 1933 році описав академік В.І. Вернадській наступним чином: «... вся природа плейстоцену, вся біосфера змінюється діяльністю людства. ... Початок процесу втрачається в сивий історичної давнини Єгипту, Месопотамії, Середньої Азії ... В XIX і XX ст. крива і з трансформаційних змін небувало різко піднялася вгору, охопивши всю біосферу. Цей процес йде вглиб, змінює режим пластових вод ... Тисячоліття йде зміна верховодок - вод ґрунтових, пізніше почалося зміна бурінням і рудним делом вод пластових напірних. Зараз воно місцями позначається глибше двох до і півкілометра від земної поверхні. На всій біосфері зникають і змінюються старі види поверхневих вод, пластових вод, підземних вод і джерел. Створюються нові культурні води »[3, с. 86-88].

Таким чином, витоки поняття «техногенезу» в роздумах В.І. Вернадського і Ферсмана А.Є. лунають із боку гірничорудної діяльності людини, перетворює вплив на літосферу якої більше за інших вивчено. Подальший розвиток «техногенез», як узагальнююче наукове поняття, отримав в цілому ряді робіт.

Наприклад, в роботах М.А. Глазовський (1988), в яких під техногенезом розуміються вже не тільки геохімічні, а й геофізичні процеси [4].

У максимально широкому трактуванні, близькою авторові, поняття «техногенез» розглянуто в монографії Н.І. Плотнікова як «сукупність літолого-фаціальних, геохімічних, гідрогеологічних, біогідрогеохімічних, інженерно-геологічних та інших техногенних процесів, що протікають в тій частині літ про сфери, в якій інтенсивно проявляється інженерна діяльність людини, що призводить до зміни стану і властивостей геологічного і нерідко ок16 нього середовища в цілому» [1, с. 106].

Гідрогеологічних, гідрохімічних, гідродинамічних, геомеханічних, геоекологічних проблем, які виникають при відпрацюванні родовищ твердих корисних копалин, присвячена велика кількість робіт дослідників.

Техногенні процеси - це прямиий наслідок технічних заходів і за своїм змістом, негативному впливу на геологічне і навколишнє середовище найчастіше є комплексним, як з позиції термодинаміки, так і синергетики.

З позиції термодинаміки техногенний вплив на літосферу може носити ежекційна (вилучення) або інжекційні (закачування) характер, а в складних техногенних умовах (зокрема при гірничорудному виробництві), присутні одночасним але в різних пропорціях обидва вищевказаних впливу [1].

Комплексність техногенних процесів в літосфері, з точки зору синергетики, вимірюється її багато компонентний, тому техногенний вплив іспитують всі компоненти, що проявляється у взаємному зв'язаному зміні гідрогеологічних, інженерно-геологічних та інших умов і систем [5].

При цьому геохімічні процеси в техногенних ландшафтах є пряме продовження гірських робіт і техногенних процесів в літосфері, складаючи в сукупності гірничорудний тип техногенезу. Формується особливий ландшафт не тільки по геохімічним, а й географічним оцінками

Техногенез гірничорудної промисловості набуває такі особливості:

- включаючи геохімічні і гідрогеохімічні його аспекти, і, як наслідок, забруднення геологічного середовища, в тому числі, ґрунтів, поверхневих і підземних вод;

- формування техногенного поля напружень в гірському масиві, що призводять до розвитку техногенної тріщинуватості і деформації поверхні землі. Відомо, що процес відпрацювання родовища, навіть якщо він організований з урахуванням самих передових технологій, дестабілізує масив гірських порід і викликає активізацію екзогенних і, навіть, ендегенних процесів [6];

- формування у водоносному горизонті локального або регіонального техногенного гідродинамічного режиму, що приводить до дренивання великої площі;

- проникнення техногенних процесів на значну глибину, в межах якої підземні води мають високу окислювальну здатність, здатність вилуговування, розчинення і інтенсивним тепло-масовим обмінним процесам, спрямованим з надр на поверхню землі;

- значним виснаженням природних запасів підземних вод, переформуванням структури підземного потоку в плані і розрізі, балансу загального і підземного стоку.

Досвід експлуатації рудних родовищ, проаналізований Н.І. Плотніковим, підтверджує, що в загальній оцінці техногенного перетворення істотну роль відіграють структура і властивості геологічного середовища [1, с. 112]

Зворотною стороною осушення є формування величезних обсягів дренажних вод, що мають зазвичай аномальний хімічний склад, що обмежує їх використання в господарських і технічних цілях. В результаті проводиться скидання дренажних вод у поверхневі водні системи, який забруднює їх. Іноді процес змішування рудничних і річкових вод простежується візуально на космоснімків на багато кілометрів.

Вивчення та прогнозування небезпечних геологічних процесів та явищ є важливою складовою забезпечення екологічної безпеки території, зокрема, оцінка напружено-деформованого стану порід в місцях розвитку геомеханічних та

інженерно-геологічних порушень і аналіз геохімічних змін в місцях накопичення гірничих відходів. Існує необхідність використання аналітичних та експериментальних досліджень для прогнозування стану довкілля в межах впливу гірничих підприємств та практична їх реалізація на гірничопромислових комплексах Південно-східного промислового регіону.

Гірничопромислова діяльність завжди приводить до зміни напруженого стану та деформаційних властивостей порід, які можуть привести до просідань земної поверхні над гірничими виробками, провалів, зсувів бортів кар'єрів і т.д. Вивчення напружено-деформованого стану масиву гірських порід лежить в основі виявлення різних геодинамічних явищ та дозволяє оцінювати та прогнозувати стабільність території

Метою гірської гідрогеології є забезпечення економічно ефективних і безпечних умов ведення гірничих робіт на обводнених родовищах, що забезпечують повноту вилучення корисних копалин і охорону водних ресурсів [3]. Ці завдання, як правило, орієнтовані на проблеми, які виникають в процесі розвідки родовищ корисних копалин і оцінки економічної доцільності їх відпрацювання; при проектуванні і власне експлуатації родовища: оцінка впливу підземних вод на умови розробки родовищ; гідрогеологічне обґрунтування заходів захисту гірничих виробок; прогнозні оцінки водопритоків; охорона підземних і поверхневих вод в гірничодобувних районах; дренаж водоносних комплексів при гірських розробках, забезпечення стійкості бортів, зниження техногенного забруднення підземних вод. Тривалість цих робіт зазвичай становить кілька десятків років, оскільки видобуток приносить прибуток, то і фінансування всіх робіт, в тому числі природоохоронних, виконується досить стабільно.

Гідрогеологічні дослідження проводяться на стадіях пошуку, розвідки та, особливо, при експлуатації родовищ. Під час пошуку родовищ широко застосовують гідрогеохімічні методи пошуку за прямими і сторонніми ознаками. На стадії розвідки родовища визначають роль різних природних і техногенних факторів в його обводненні; визначають спосіб осушення та водовідведення, складають проект дренажної системи; виконують оцінку ресурсів та прогноз

водопритоку у виробку на початковий період та при її розширенні. На стадії розкриття і розробки проводиться експлуатація дренажних споруд, тобто осушення продуктивних пластів за допомогою свердловин, штреків, насосів для водовідливу та інших засобів, з дотриманням екологічних вимог щодо поводження із шахтними водами.

Одне з основних завдань гідрогеології родовищ корисних копалин – вивчення водонасиченості родовищ і ролі різних природних факторів та умов обводненості родовищ. Серед природних факторів, що визначають ступінь обводнення родовищ основними є: а) атмосферні опади і повені, які обумовлюють збільшення водопритоків; б) постійний зв'язок підземних вод з поверхневими водотоками і водоймами, що також веде до посилення водопритоку та ускладнення водовідведення; в) рельєф місцевості (забезпечує інтенсивність дренажності: чим більша глибина врізу, тим більша кількість водоносних горизонтів перетинається, взаємно пов'язується і дренується); г) потужність і склад покривних слабо проникних товщ (суглинки, глини); д) ступінь відслонення, за яким корінні породи бувають відкриті (з виходом на поверхню) і закриті; е) літологічний склад водо вміщуючих порід і зміни водопроникності порід з глибиною; ж) тектоніка району і форми древнього похованого рельєфу.

Починаючи з 1980-х років кількість статей, пов'язаних з гідрогеологічними, гідродинамічними, гідрохімічними проблемами формування шахтних вод, перевищило 10 тис. У 1979 р на першому міжнародному симпозіумі по шахтному дренажу була створена Міжнародна асоціація шахтних вод (The International Mine Water Association , ІМВА). Вона є міждисциплінарною організацією, мета якої - всебічне вивчення шахтних вод, включаючи їх гідрогеологію, хімію, біологію, вплив на навколишні середу, можливість повторного використання, а також проблеми прогнозу, контролю, управління і очищення. З 1982 г. Асоціація видає журнал «Journal of International Mine Water Association» (попереднє назва «International Journal of Mine Water»), імпакт - фактор 1 , 15 . Щорічно ІМВА проводить симпозіуми, раз в три роки - конгрес. У 2017 року у Фінляндії пройшов 13-й конгрес - «Шахтні води і економіка з багатооборотним

використанням продукції» (Mine Water & Circular Economy - A Green Congress).

Міжнародне співтовариство з профілактики кислотності (International Network for Acid Prevention , INAP) - це асоціація провідних гірничодобувних компаній (Anglo American , Barrick Gold Corporation , Rio Tinto і ін.), Створена для сприяння вирішенню цього завдання. Метою діяльності INAP є значні поліпшення в галузі управління сульфідними рудними матеріалами при відпрацюванні і після її завершення, скорочення наслідків, пов'язаних з кислотним дренажем, шляхом узагальнення інформації і досвіду робіт в області кислотного дренажу, обміну знаннями та дослідженнями, розробкою технологій. INAP було засновано в 1998 році і з тих пір стала активним світовим лідером в цій області.

Незважаючи на активне вивчення процесів, що супроводжують відпрацювання родовищ твердих корисних копалин, досліджень, присвячених відпрацюваним і закритим (затопленим) шахтам, кар'єрів, копалень набагато менше.

Визначено закономірності формування підземних вод в природні техногенних гідрогеологічних структурах районів ліквідований шахт. Встановлено, що після затоплення формується техногенний водоносний комплекс, фільтраційні і гідрохімічні параметри якого призводять до формування техногенно-трансформованих вод і визначають масштаби їх впливу на навколишнє природне середовище.

Важливо вміти прогнозувати процеси геодинамічної активності гірських порід з метою попередження аварійних ситуацій. Геофізичні методи останнім часом знаходять все більш широке використання у вивченні цієї проблеми. Метод природного імпульсного електромагнітного поля Землі доведений до практичного використання для рішення різних завдань, щоб отримати уточнену інформацію щодо розподілу зон підвищеного напружено-деформованого стану гірських порід і зон релаксації напружень для визначення меж території з можливим розвитком деформаційних процесів, а також визначити просторову неоднорідність в загальному полі механічних напружень. Головною перевагою

вказаного методу варто вважати можливість проведення оперативного контролю геодинамічного стану довкілля гірничого комплексу.

Негативний вплив на геологічне середовище мають відвали, ставки-накопичувачі соляних відходів (розсолів), які є джерелами засолення ґрунтів та підземних вод. При створенні сховищ шкідливих відходів виробництва у відкритих водоймах спостерігається проникнення рідини через дно водойми в ґрунт і подальша її фільтрація з формуванням ареалу. З екологічної точки зору важливе значення має форма і розміри ареалу, розподіл концентрації шкідливих відходів і термін формування.

З метою обґрунтування заходів, спрямованих на охорону підземного водного басейну від засолення в районах розробки родовищ, необхідно мати достовірний прогноз зміни в часі гідрохімічної ситуації в зоні впливу солевідвалів, акумулюючих басейнів, хвостосховищ. В зв'язку з цим виникає необхідність оцінити розміри і час формування зони розповсюдження засолених підземних вод. Закономірності формування ареалу забруднень ґрунтових вод шкідливими витоками з хвостосховищ доцільно вивчати, використовуючи математичне моделювання гідродинамічних процесів фільтрації рідини в пористому середовищі. Лабораторні дослідження не зможуть дати реальної картини гідродинамічного процесу в зв'язку з необхідністю дотримання умов геометричної і гідродинамічної подібності одночасно. Натурні дослідження не дають змогу отримати загальну картину процесу.

Встановлено, що екологічний стан більшості гірничопромислових комплексів є критичним, а розширення масштабів порушення навколишнього середовища надалі випереджає ріст об'ємів та ефективності природоохоронних робіт. Негативні наслідки результатів гірничої діяльності безпосередньо пов'язані із складним технологічним процесом видобутку породи, який на сьогодні ведеться трьома методами: підземна розробка родовищ; відкрита розробка, геотехнологічний метод і формує такі джерела підвищеного екологічного ризику, як кар'єр, шахта, зони накопичення відходів виробництва (відвал, хвостосховище).

Проведений аналіз аварій та катастроф спровокованих гірничопромисловою діяльністю та систематизація екологічних наслідків цієї діяльності вказує на необхідність оцінки напружено-деформованого стану порід в місцях розвитку геомеханічних та інженерно-геологічних порушень та оцінки геохімічних змін в місцях накопичення гірничих відходів. Вивчення та прогнозування небезпечних геологічних процесів та явищ є важливою складовою забезпечення екологічної безпеки території.

Вчасно організовані спостереження дозволяють своєчасно прогнозувати і оцінювати характер і ступінь безпечності виникаючої ситуації та рекомендувати міри захисту. На сьогоднішній день достатньо широке розповсюдження отримали такі методи визначення показників екологічного стану довкілля: експериментальні (здійснюються за допомогою технічних засобів вимірів та контролю); розрахункові (здійснені за допомогою розрахунків з використанням параметрів, що знайдені іншим методом); експертні (базуються на врахуванні думок групи спеціалістів); органолептичні (не передбачають використання технічних засобів вимірювань та контролю).

Після припинення видобутку і закриття гірничодобувного підприємства негативний вплив на прилеглу територію може тривати протягом тривалого часу. Основні види такого впливу практично ідентичні в різних країнах і не залежать від типу корисних копалин: це зміна стану підземних і поверхневих вод, нестабільність земної поверхні, виходи токсичних газів або небезпечних речовин в навколишнє середовище

До теперішнього часу багато країн, раніше протягом століть інтенсивно розвивали гірничу промисловість, вичерпали запаси корисних копалин і припинили або значно знизили гірничодобувну активність. У деяких країнах відбулося практично повне зникнення гірської промисловості (наприклад, у Великобританії, Кореї, Франції, Японії та ін.).

Точна кількість закритих шахт і гірничих виробок невідомо, імовірно їх число в усьому світі перевищує кілька мільйонів (тільки в останні десятиліття їх кількість перевищила десятки тисяч), вони займають величезні площі і є дов-

готривалою загрозою існуванню людини і навколишнього середовища на великих територіях [7].

Найбільш гостро наслідки гірничодобувної діяльності проявилися в таких країнах, як Австралія, Великобританія, Канада, США, ПАР, в меншій мірі - Ірландія, Швеція, Чилі, Японія [8]. Однак і в інших країнах ці проблеми дуже актуальні: детальне дослідження 10 східно-європейських країн (включаючи Болгарію, Польщу, Румунію, Чехію) виявило кілька тисяч потенційно небезпечних закритих гірських об'єктів [9]. Території на кордонах Німеччини, Польщі та Чеської Республіки, які були забруднені в результаті багаторічної діяльності підприємств гірничорудної промисловості, входять в зону так званого «Чорного трикутника» [10,11].

Старопромислових райони Європи після припинення гірничодобувної діяльності зіткнулися з серйозними проблемами. Одні з найбільших в Європі регіонів з великою щільністю відпрацьованих вугільних шахт і населення - Aachen (Німеччина) і South-Limburg (Нідерланди). Після 800 років гірничі роботи в 1992 були припинені, воронка депресії площею близько 400 км² заповнилася за кілька років, рівень підземних вод піднявся на 200-240 м [7,12].

У Німеччині в 2012 р була припинено видобуток кам'яного вугілля на території Саарланд, що нараховує двохсотлітню історію видобутку. До 2020 р буде завершена відпрацювання Рурського кам'яновугільного басейну, де вугілля добувалося з XII століття. Забезпечення безпечного процесу затоплення підземних виробок в Рурському гірничопромисловому регіоні потребує великих фінансових витрат [13].

За оцінками, виконаними для території Німеччини, витрати на проведення рекультиваційних робіт (в перерахунку на одиницю корисної копалини) іноді можуть перевищувати вартість реалізації самого продукту, видобутого за всю історію експлуатації гірського об'єкта [13,14].

Триста років вуглевидобутку в басейні Durham (Англія) привели до осушення водоносних горизонтів на величезних площах, припинення водовідливу і

заповнення депресійної воронки спровокувало б численні негативні наслідки, в тому числі - забруднення питних водозаборів підземних вод, підтоплення відвалів, відстійників і їх активне вилуговування та ін. для запобігання цьому була організована система відкачування шахтних вод для підтримки рівня нижче продуктивного водоносного горизонту (Basal Permian Sands), побудований завод з очищення шахтних вод продуктивністю близько $15 \text{ тис м}^3 / \text{сут}$ [15,7].

У США закрито понад 500 тис. Рудників, з них потенційними ризиками мають близько 30 тис. Об'єктів. У базі даних бази даних AMLIS (Abandoned Mine Land Inventory System) зібрана інформація про 48529 відпрацьованих вугільних шахт, з них до першої категорії небезпеки відноситься 2465 об'єктів. Геологічна служба США (USGS) веде базу даних мінеральних ресурсів (Mineral Resources Data System , MRDS), якій охарактеризовані 64833 відпрацьовані рудники.

Відпрацьовані гірські об'єкти на заході США є найбільшими і дорогими, на яких Агентство з охорони навколишнього середовища (USEPA) проводило багаторічні широкомасштабні реабілітаційні роботи за рахунок коштів Суперфонда .

Кілька великих шахт в США, відпрацьованих в другій половині двадцятого століття, оголосили про банкрутство, а відповідальність за постійне звернення з кислими водами залишили майбутнім поколінням. В якості прикладів можна привести шахту Зортман Ландускі (Zortman Landusky) в штаті Монтана, шахту Саммітвіль (Summitville) в Колорадо, рудник Бром (Brohm) в Південній Дакоті. Гірничодобувні підприємства на заході США, в тому числі, Банкер Хілл (Bunker Hill) в Айдахо, Батл-Кларк Форк Рівер (Butte-Clark Fork River) в Південно-Західній Монтані, Айрон Маунтен (Iron Mountain Mine) в Каліфорнії є найбільшими і дорогими об'єктами, на яких Агентство з охорони навколишнього середовища (EPA USA) проводило багаторічні роботи за рахунок коштів Суперфонда. Так, на території мідного рудника Айрон Маунтен (Iron Mountain Mine) починаючи з 1988 р проводяться широкомасштабні реабілітаційні роботи, вартість їх варіює від 3 до 9 млн \$ США в рік. За підсумками робіт протягом

25 років EPA заявило, що досягнуто принципової поліпшення стану навколишнього середовища, а створена система очищення видаляє до 99% металів з кислих вод. Однак показники, встановлені на початку робіт, не можуть бути досягнуті у всіх водних об'єктах, так як на них продовжують впливати неконтрольовані розосереджені (дифузні) джерела формування кислих вод на водозборі. Їх повне очищення коштуватиме невикорядано дорого [16].

Негативні, а іноді і катастрофічні наслідки завершеною відпрацювання на після експлуатаційном етапі можна проілюструвати багатьма прикладами. 5 серпня 2015 р за рахунок надходження підземних вод зі штольні шахти Gold King (Колорадо, США), відпрацьованої більше 40 років тому, відбулося забруднення річки Анімас (притока р. Колорадо) важкими металами. Був оголошений режим НС в штатах Колорадо і Нью-Мехіко, в Сенаті США пройшли слухання з питань запобігання подібних інцидентів на занедбаних шахтах (вересень 2015 г.) [17].

Всупереч очікуваним сценаріями розвитку негативних наслідків закриття та затоплення вугільних шахт в різних вугільних басейнах Росії, багато викликані ними явища виявилися більш тривалими і нестабільними. У Кузнецькому і Донецьком вугільних басейнах значні території опинилися підтопленими, забруднені і виведені з ладу питні водозабори, спостерігаються виходи токсичних газів і просадки земної поверхні. Після закриття шахт Кизеловського буровугільного басейну залишилося 14 виливів кислих шахтних вод, які потрапляють в басейни річок Чусовая, Косьва, Яйва, Вильва, забруднення поверхневих вод і донних опадів простежується до Камського водосховища [18,19,20].

Управління територіями відпрацьованих родовищ, особливо старих і безгоспних рудників, зажадало розробки спеціальних законів, на їх реабілітацію витрачаються значні кошти.

У законодавстві більшості країн, починаючи з 80-х років минулого століття, закріплено положення про те, проведення рекультиваційних заходів після завершення робіт є обов'язком підприємства. Як правило, формується спеціальний фонд в складі податку на видобуток, гірничодобувні компанії повинні

зарезервувати і розмістити на рахунках приблизно дві третини від загальної суми, необхідної на проведення ліквідаційних робіт. Однак з різних причин після припинення видобутку багато об'єктів стають джерелами екстремального забруднення навколишнього середовища на тривалий період.

У 1980 р в США був прийнятий Закон «Про всеосяжних заходи з охорони навколишнього середовища, виплати компенсацій і відповідальності», відомий як Закон про Суперфонда (Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act , CERCLA). Був утворений фонд, кошти якого йдуть на очищення територій, коли неможливо знайти відповідальних за дану ділянку. Значну частину об'єктів, реабілітація яких здійснювалася за рахунок коштів Суперфонда , складають відпрацьовані рудники. Виконання закону про Суперфонда координує Агентство з захисту навколишнього середовища (Environmental Protection Agency , EPA USA).

Діяльність гірничого виробництва супроводжується утворенням великої кількості відходів і є однією з основних причин забруднення навколишнього середовища. Навіть впровадження найкращих технологій в світі не дозволяє використовувати більше, ніж 2-3% ізвлеченої з надр гірської маси, а решта її частина перетворюється або в відходи (близько 78%), або в промислові викиди і скиди (близько 20%). Для отримання 1 т кольорових металів витягується 1-3 тис. Т, що вміщують і розкритих порід, утворюється до 100 т хвостів збагачення. Відходи видобутку і збагачення при добуванні рідкісних елементів перевищують цільовий продукт в мільйони разів [21].

Незалежно від стану гірничих робіт нарівні з завданнями розвитку гірничої промисловості все більш актуальними стають не тільки проблеми ліквідації нерентабельних підприємств, але і питання управління небезпеками в районах, де гірничодобувна діяльність завершена. Про значимість виконання робіт, спрямованих на проведення реабілітації гірничопромислових територій, організацію процесу затоплення і його моніторинг, свідчить той факт, що кілька років тому в Вищій школі технічних наук ім. Георга Агріколи (м Бохум, Німеччина)

була відкрита нова спеціальність в магістратурі « Геомеханика і після експлуатаційна фаза гірничих підприємств» [12].

В останні роки з'явилися приклади того, що можливість відпрацювання родовищ, особливо великих, визначається саме гарантією забезпечення екологічної безпеки. Основою таких оцінок є гідрологічний і гідрогеохімічний прогноз не тільки на період відпрацювання, але і після її завершення. Наприклад, гігантське поліметалеве (Cu-Au-Mo) родовище золотовмісних мідно порфірових руд Пebbл (Pebble) в південно-західній частині Аляски, США було розвідано ще на початку 2000-років і до сих пір не отримало дозвіл на експлуатацію, оскільки розробники не змогли гарантувати відсутність ризиків для навколишнього середовища [22]. Відпрацювання родовища Пebbл (Pebble) планується на першому етапі (в протягом 80 років) кар'єрами (глибина 1200 м), будуть споруджені кілька шламонакопичувачів (висота дамб понад 200 м, довжина близько 6 км). Це призведе вилуговування металів і формування кислих вод з-під відвалів і хвостів переробки (в тому числі і після завершення видобутку); до вилучення величезної кількості води, що негативно вплине на весь водозбір Брістольського затоки, який є найбільшим в світі нерестилищем лосося (нерки). Проект Пebbл Майн (Pebble Mine) був заблокований в 2014 р адміністрацією Б. Обама, але після приходу в Білий Дім Д. Трампа , який неодноразово висловлювався на підтримку збільшення видобутку корисних копалин, інвестори заручилися підтримкою американського корпусу інженерів (US Army Corps of Engineers) і подали апеляцію в Американське Агентство з захисту навколишнього середовища (US EPA). Однак US EPA знову висловилося проти реалізації проекту будівництва Пebbл Майн (Pebble Mine) [23].

У монографії К. Волкерсдорфера [7] виконано узагальнення ряду оригінальних робіт (в тому числі автора монографії), присвячених проблемам затоплених рудників по всьому світу. У дослідженні представлені теоретичні основи гідродинамічних і гідрохімічних процесів, які визначають наслідки затоплення рудників, наведені результати тематичних досліджень, які необхідні для вирішення проблем, що виникають при затопленні рудників, в тому числі таких, як

управління водними ресурсами на територіях відпрацьованих рудників, підходи до методів очищення .

Проведений літературний пошук та аналіз показав, що питання вивчення процесів, що визначають накопичення і міграцію хімічних елементів в гідросфері гірничопромислових територій, представляють собою інтенсивно розвивається область досліджень, їх рішення дозволяє отримати кількісну інформацію про стан гідросфери, встановити взаємозв'язки між хімічним складом вод, геологічною будовою та техногенної середовищем, обґрунтувати економічно доцільний вибір заходів, спрямованих на зниження негативних наслідків, викликаних багаторічної гірської діяльністю, і усунення накопиченого шкоди навколишньому середовищу в старопромислових районах.

Вчасно організовані спостереження дозволяють своєчасно прогнозувати і оцінювати характер і ступінь небезпечності виникаючої ситуації та рекомендувати міри захисту. На сьогоднішній день достатньо широке розповсюдження отримали такі методи визначення показників екологічного стану довкілля: експериментальні (здійснюються за допомогою технічних засобів вимірів та контролю); розрахункові (здійснені за допомогою розрахунків з використанням параметрів, що знайдені іншим методом); експертні (базуються на врахуванні думок групи спеціалістів); органолептичні (не передбачають використання технічних засобів вимірювань та контролю).

Слід підкреслити, що в роботі використовуються аналітичні та експериментальні дослідження для прогнозування стану довкілля в межах впливу гірничих підприємств і практично реалізуються на гірничопромислових комплексах Південно-східного промислового регіону.

1.2 Методи прогнозування гідродинамічних змін

Методи прогнозу режиму підземних вод можна розділити на п'ять груп: гідродинамічні, балансові, статистичні, методи аналогій і методи чисельного моделювання.

Найбільш поширеним методом прогнозу вважається гідродинамічний, де прийняті розрахунки незалежного спаду дебітів і рівнів підземних вод за рівнянням Буссінеска.

Статистичні методи дозволяють враховувати при розрахунках лише головні режимні утворюючі чинники. В основу даних прогнозів зазвичай кладуться парні і множинні кореляційні зв'язки рівнів або витрат підземних вод з основними метеорологічними чинниками. Розрахунки найчастіше ведуться по лінійним рівнянням парної або множинної кореляції.

Балансові методи прогнозів режиму підземних вод ґрунтуються на рішенні рівняння загального водного балансу будь-якої території або балансового рівняння підземних вод. Дослідженням даного методу на першому етапі його розвитку займалися А.Н. Кістяків (1933), М.М. Крилов (1930), А.В. Лебедев (1951) і ін., На другому етапі - Г.Н. Каменський (1943), А.В. Лебедев (1957) і ін. Представниками третього етапу є В.С. Ковалевський (1983), Ю.А. Норватов (1988), В.А. Мироненко (1989) і ін.

У тих випадках, коли з яких-небудь причин виключена можливість складання прогнозів режиму підземних вод на підставі порівняно точних методів, прогнози можуть будуватися на основі гідрогеологічної аналогії. Подібні прогнози ґрунтуються на загальних гідрогеологічних закономірності і можуть проводитися двома способами: складанням прогнозів у часі і просторі.

Методи чисельного моделювання, на сьогоднішній день, є найбільш універсальним підходом до вирішення прогнозних завдань в гідрогеології. Вони дозволяють враховувати всілякі гідрогеологічні параметри і режимні утворюючі фактори в прогнозних розрахунках. Найбільшого поширення в гідрогеології отримали два методи вирішення основних диференціальних рівнянь фільтрації: метод кінцевих різниць і метод кінцевих елементів; перший ґрунтується на дробленні досліджуваної території на кінцеве число блоків (осередків), другий же ділить всю область на кінцеву величину елементів.

У літературі, пов'язаної з оцінкою і прогнозом затоплення вугільних шахт, пропонується виділяти два водоносних горизонту - техногенний і при

поверхневих (ПВГ), виходячи з значною відмінності фільтраційних і ємнісних властивостей водовмісних порід, а також чинників, які формують ці властивості [24]. Потужність техногенного горизонту визначається глибиною відпрацювання і розвитком системи водопровідних тріщин і може становити сотні метрів, фільтраційні і ємнісні властивості невисокі; потужність при поверхневого горизонту зазвичай не більш десятків метрів, він приурочений до при поверхневої зоні регіональної трищिनатості і вивітрювання, пов'язаний з поверх водоносній системі отримує інфільтраційне харчування на всій площі свого розвитку.

При затопленні виділяється два етапи : в протягом першого відбувається досить швидкий підйом рівня в зоні, розташованій нижче глибини розвитку регіональної трищिनатості, де вода витрачається на заповнення шахтних стволів і штреків, а також ємності зон обвалення і зрушення гірських порід . В протягом другого етапу після досягнення необхідної для регіонального водоносного горизонту швидкість підйому рівня сповільнюється.

Емпірична залежність для розрахунку часу затоплення , яке прямо пропорційна обсягом питомої гірської маси і – назад пропорційно середньорічному у водо припливом в шахту перед його відключенням [25].

$$t_i = 0,0783 K_r \quad (1.1)$$

де t_i - час затоплення , місяці ;

$K_r = H1_i / H1_{cp}$ (при $h_{cp} = 205$ м);

$V_{удгм} = V_{гм} / H$ - обсяг питомої гірської маси , m^3 на 1 погонний метр глибини шахти ;

$V_{гм}$ - обсяг вийнятої гірської маси ;

H - глибина гірських робіт ;

Q_3 - зафіксований середньорічний водовідлив перед зупинкою видобутку, $m^3/год$

0,0783 - узагальнений емпіричний коефіцієнт.

Достовірна оцінка часу затоплення є першочерговим завданням при ліквідації рудника. На практиці використовуються залежно, що відображають історію відпрацювання шахти [26].

$$t = \frac{K_n V_m}{Q} \quad (1.2)$$

де t - час затоплення ;

K_n - коефіцієнт пористості (заповнення);

V_m - обсяг виїнятої гірської маси ;

Q - середньорічний водопритік, зафіксований перед зупинкою водовідливу

Коефіцієнт пористості (заповнення) характеризує техногенну пористість підробленого масиву і виробленого простору і дорівнює відношенню техногенних порожнеч і тріщин в під виробленій товщі , утворених при виїмці корисної копалини , до обсягу видобутої гірничої маси .

Значення коефіцієнта пористості (заповнення) може прийматися на основі аналізу результатів, отриманих при затопленні і відкачування води з шахт.

У разі відсутності режимних спостережень на шахтах-аналогах і при наявності даних про осідання земної поверхні в районі конкретної шахти коефіцієнт техногенної пористості може бути розрахований при залежності виду [27].

$$K_n = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\eta_i F_i}{m_i}}{n \sum_{i=1}^n F_i} \quad (1.3)$$

де η_i і m_i - осідання земної поверхні і потужність виїнятого пласта на тому ділянці,

F_i - площа i - його ділянки ,

n – кількість розрахункових ділянок.

При відсутності фактичних даних про осідання земної поверхні значення коефіцієнта пористості можна визначити по формулі:

$$K_n = 1 - \alpha \cdot \cos \alpha \quad (1.4)$$

де α - емпіричний коефіцієнт ($= 0,60 \div 85$),

α - кут падіння пласта.

Процес відновлення рівня підземних вод після припинення водовідливу в гідродинамічному плані ідентичні процесу відновлення рівня після зупинки відкачування . Для оцінки просторово-часових закономірностей формування

гідродинамічної обстановки можна скористатися залежностями, запропонованого рекомендовано В.М. Шестаковим для обробки даних відновлення [27].

Підвищення (відновлення) рівня від гранично досягнутого S_0 в процесі водовідливу на відстані r від шахтного стовбура в загальному вигляді описується виразом.

$$\Delta H = S_0 - S = S_0 - \frac{Q}{4\pi T} [W(u) - W(u_0)], u = \frac{r^2}{4a(t_0 + t_B)}, u_0 = \frac{r^2}{4at_a} \quad (1.5)$$

де t_0 - тривалість відкачування (водовідливу, добу);

t_B - тривалість відновлення (час після зупинки водовідливу, добу);

S_0, S - зниження рівня, максимальне і поточний, відповідно (м);

Q - сталий перед відключенням витрата водовідливу ($\text{м}^3/\text{добу}$);

T - провідність пласта ($\text{м}^2/\text{сут}$);

r - відстань (м),

a - рівні (п'єзо) провідність ($\text{м}^2/\text{сут}$).

Починаючи з моменту часу $t_B \geq 3r^2/a$ (де $r \leq 0.3R$, де R - радіус живлення) збільшення рівня можна оцінити, використовуючи вираз

$$\Delta H = S_0 - S = S_0 - \frac{Q}{4\pi T} \ln \frac{t_0 + t_a}{t_b} = S_0 - \frac{Q}{4\pi T} \lg \frac{t_0 + t_a}{t_b} \quad (1.6)$$

Відповідно, тимчасову залежність відновлення рівня після зупинки водовідливу можна визначити по рівнянню:

$$t_B = \frac{t_0}{10^A - 1}, A = \frac{ST}{0,183Q} \quad (1.7)$$

Якщо час відновлення рівня значно перевищує час відкачування $t_B \geq 10t_0$, то

$$t_B = \frac{Qt_0}{4\pi TS} \quad (1.8)$$

Qt_0 - де відповідає повного обсягу води, відкачаної за весь період експлуатації.

Використання наведених вище залежностей для рудників, які відпрацьовуються в протягом десятків років, призводить до отримання неправдоподібних результатів.

Зазначене розбіжність пов'язано з тим, що в випадку вельми тривалого водовідливу час відкачування має використовуватися з урахуванням закономірностей формування стаціонарного режиму, коли по мірі залучення всіх джерел формування експлуатаційних ресурсів припиняється розширення депресивної воронки, а по суті не загальний обсяг відкачаної за весь період експлуатації, а витрата водовідливу, забезпечений спрацюванням ємкісних запасів і природними ресурсами, що відповідає часу стабілізації.

1.3 Способи зниження негативного впливу гірничорудних підприємств

В зв'язку з виснаженням запасів багатьох родовищ все більшого значення набувають ресурси техногенного походження - техногенно-мінеральні утворення [28, 29]. У їх складі виявляється велика кількість кольорових, рідкісних і рідкісноземельних елементів, що стимулює переробку техногенних відходів.

Специфічним видом таких ресурсів є шахтні води, які, завдяки наявності в їх складі великої кількості кольорових, рідкісних і рідкісноземельних елементів, можуть розглядатися як потенційні родовища гідромінеральну сировини. В останні десятиліття, у зв'язку з масовим закриттям гірничодобувних підприємств, під шахтними водами слід розуміти не тільки ті, які витягуються попутно при видобутку корисних копалин і осушення шахт, але й освічені в результаті зупинки водовідливу і підйому рівня підземних вод, а саме техногенні водонесні горизонти, водойми, джерела і водотоки [30].

Витяг металів з шахтних вод здійснюється в різних видах і різними способами протягом як мінімум чотирьох тисячоліть [31]. В останні роки через необхідність використання недорогих ресурсів і все більш жорстких вимог до охорони навколишнього середовища, витяг з шахтних вод компонентів, що мають потенційну економічну цінність (в першу чергу металів і рідкоземельних елементів), розглядається як частина процесу очищення [32;33;34;35;36;37;38].

Оскільки в найближчі роки планується вдосконалення порядку розрахунку і стягування плати за негативний вплив на водні об'єкти [39,40,41], оцінка

безпеки освоєння природних родовищ і техногенно-мінеральних утворень повинна включати визначення розміру екологічної шкоди, що дозволить вибрати ефективні методи очищення стічних дренажних вод, розробити заходи для запобігання попаданню в водний об'єкт шкідливих (забруднюючих) речовин і відходів з водозбірної площі, про стимулює впровадження технології вилучення цінних компонентів з стічних вод.

Методи очищення кислих шахтних вод і вилучення з них цінних компонентів можуть бути хімічними і біологічними. хімічні методи включають фізико-хімічні та електрохімічні технології та їх комбінацію, в тому числі мембранні методи, зворотного осмосу, гальванокоагуляційний, флотаційний, сорбційний [31;36;42]. Біологічні методи можуть бути розділені на мікробіологічні і макробіологічної, при цьому тільки перший розглядається як метод вилучення, останній зазвичай використовується як метод пасивної форми очищення води.

Використання пасивних методів, заснованих на процесах самоочищення, значно дешевше, тому вони активно розвиваються в останні роки [7;35;43]. Для повноцінного застосування пасивних методів головним завданням є радикальне зниження обсягів води, що очищається, що не завжди може бути реалізовано. Крім того, якщо при використанні хімічних методів очищення можна проконтролювати витрата води, її рН і в залежності від цього розраховувати необхідну кількість хімічних реагентів, то проконтролювати мікробіологічну діяльність, збільшити сонячну активність, зменшити швидкість руху води практично неможливо.

Баромембранна технологія (поєднання мембранних і традиційних технологій) - усталена зарубіжна практика, широко застосовувана для очищення рудничних вод в Європі, Близькому Сході, Китаї. перевагами технології є відсутність потреби у великій кількості реагентів, компактність основного обладнання, висока ступінь очищення. Недоліками методу є високі енерговитрати і проблеми утилізації рідких відходів. Використання методу вимагає проведення попередньої підготовки і очищення води за допомогою мікрофільтрації (видалення зважених і колоїдних частинок), нанофільтрації (видалення органічних речо-

вин і зниження жорсткості), коагулювання (освітлення для видалення основної маси зважених і колоїдних частинок) [42].

Як правило, для зниження рН шахтних вод і зменшення розчинності забруднюючих речовин (в першу чергу важких металів) використовують негашене вапно, гідроксид натрію (каустичну соду) або вапняк. Таким чином формуються нерозчинні або погано розчинні опади, для їх осадження використовуються різні конструкції освітлювальних ставків, такі як ставок-відстійник, пластинчастий (лускатий) відстійник, освітлювач з радіальним потоком. Отриманий осад висушується і в залежності від токсичності може розміщуватися у виробленому просторі або на спеціальних полігонах [7;44]. Інтенсифікація процесу освітлення може бути досягнута шляхом введення коагулянтів і флокулянтів.

Перевагами такого методу очищення є простота технології, доступність і дешевизна основних реагентів. Однак для його реалізації потрібна велика кількість реагентів і виділення значних площ під розміщення ставків-стабілізаторів. Крім того, така технологія не забезпечує зниження компонентів до показників, відповідних нормативним вимогам. Ефективність очищення істотно підвищується при використанні ботанічних майданчиків з вищими водними рослинами. Це дозволяє знизити концентрацію важких металів і сульфатів до нормативів скидання в водойми господарсько-питного та культурно-побутового призначення [45].

Пізніше для очищення кислих шахтних вод став використовуватися метод нейтралізації, заснований на обробці рудничних і підвальних вод вапняним молоком. Це призводить до осадження важких металів, в першу чергу міді, цинку, кадмію, у вигляді їх нерозчинних гідроксидів і основних карбонатів. Краще осадження відбувається при $\text{pH} = 8-9$, при підвищенні рН може початися розчинення осаду. Після відстоювання в спеціальних ставках нейтралізована освітлена вода скидалася в поверхневі водні об'єкти.

Проте, шахтні води можуть розглядатися як поновлюване джерело кольорових металів і рідкоземельних елементів.

Оцінка збитку навколишньому середовищу, який наноситься в результаті забруднення водного середовища і водного фонду територій, включає матеріальні і фінансові втрати і збитки (прямі і непрямі) внаслідок погіршення споживчих властивостей води як природного ресурсу, додаткові витрати на ліквідацію наслідків забруднення вод і відновлення їх якості [46]. Запобігання екологічний збиток від забруднення навколишнього природного середовища являє собою оцінку в грошовій формі можливих

Для розрахунку шкоди використовується два підходи. Перший заснований на компенсаційному принципі його оцінки, виходячи з фактичних витрат на відновлення порушеного стану водного об'єкта, з урахуванням понесених збитків, відповідно до проектів рекультиваційних та інших відновлювальних робіт. Другий є розрахунковим і застосовується незалежно від того, проводяться заходи щодо усунення порушення та його наслідків безпосередньо слідом за фактом порушення або будуть проводитися надалі відповідно до програм з використання, відновленню і охороні водних об'єктів, а також програмами соціально економічного розвитку регіонів [46].

Для зниження екологічного навантаження на гідросферу і запобігання залпових надходжень неочищених кислих вод в водотоки шахтні води обробляються на станціях нейтралізації та відстоюються в ставках-накопичувачах. Існуючі методи очищення стічних вод недостатньо ефективні: після обробки і відстоювання значне кількість металів осідає, їх вміст зменшується, проте, частина цих речовин попадає поверхневі водні об'єкти в перевищують ГДК концентраціях.

Помітного зниження вмісту важких металів можна домогтися при пристрої, наприклад, каскаду освітлювальних ставків [7], тому доцільно створення нижче існуючих ще одного ставка-відстійника, в якому після нейтралізації відбуватиметься до осадження важких металів і поліпшення якісного складу стічних вод.

Шахтні води затоплених мідно колчеданних рудників можуть розглядатися як поновлювані родовища гідромінеральну сировини. Однак до теперіш-

нього часу витяг з них корисних компонентів не організовано, методи очищення стічних вод неефективні.

Витяг кольорових металів і рідкоземельних елементів з шахтних вод дозволить не тільки знизити екологічне навантаження на гідросферу, але в значною мірою компенсувати витрати на нейтралізацію кислих шахтних вод.



КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ГЕОЛО-ГОГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ТА ТЕХНОГЕННИХ ЗМІН КРИВБАСУ

2.1 Особливості геологічної будови району та ділянки досліджень

Характеристика району дослідження. Басейн знаходиться у межах Українського щита в Криворізько-кременчуцькій структурно-металогенічній зоні, для якої характерний розвиток таких формацій: джеспілітової, кременисто-сланцевої, кременисто-карбонатно-пісковикової, метаконгломерат-пісковикової, метаандезит-базальтової. Поширення утворень джеспілітової формації зумовлює наявність промислових родовищ залізних руд, які представлені багатими рудами і рудами, що потребують збагачення (залізисті кварцити). Серед багатих руд генетичними типами є метаморфічні руди, які збагачені в зоні гіпергенезу. До цього типу належить близько 85 % багатих руд басейну. Утворення, які вміщують залізні руди, входять до складу п'яти світ: новокриворізької, скелеватської, саксаганської, гданцівської, глесватської [47].

Відклади мають регіональне поширення в межах Кривбасу, Правобережному та Кременчуцькому районах. Їхня потужність становить в основному 10–60 м, на ділянці замикання Основної синкліналі Кривбасу (Рисунок 2.1) – до 200 м. Визначення віку магматичних порід, що перекривають і підстеляють латівську товщу, вказують на її мезоархейський вік (3,0– 2,96 млрд років) [48].

Безперервну зміну на великій відстані будови окремих горизонтів і усієї залізорудної товщі можна простежити в Саксаганському районі в двох паралельних субмеридіальних смугах розвитку залізистих порід - Західно-Саксаганської (ЗСС) і Східно-Саксаганської (ССС).

Це дозволяє зробити висновок, що спочатку обидві смуги були значно віддалені одна від одної, а Саксаганський розлом, завдяки якому вони тепер зближені просторово, мав велику амплітуду. Наскільки розділені ці залізорудні смуги в плані, добре відомо – південне закінчення ССС (район НКГЗК) віддалено від північного закінчення ЗСС (район шахти ім. Фрунзе) на 19,5 км.

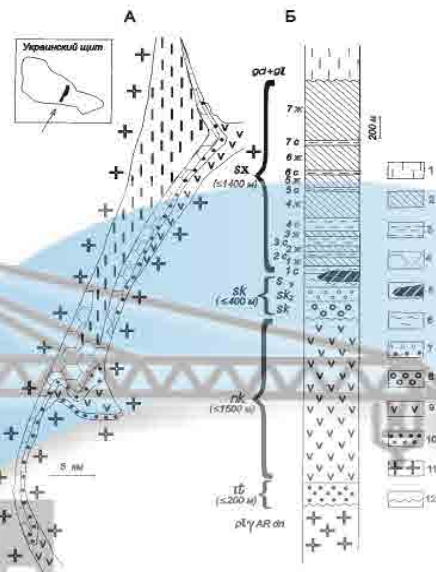


Рисунок 2.1. Геологічна схема Криворізького басейну (а) і зведена стратиграфічна колонка (б) саксаганської (Залізородної) світи і підстилюючі її метаосадочних і мета вулканічних комплексів порід: 1 – мета теригенні і мета хемогенно-теригенні відклади Гданцівському і Глєсватській світ (gd + gl) – сланці кварц-біотитові, вуглисті, мета піщаники, доломіт, мета конгломератів і ін.; Саксаганська світа (sx): 2 - залізисті горизонти (залізисті кварцити силікатно-магнетитові, джеспіліти гематит-магнетитові і ін.), 3 - сланцеві горизонти (сланці кварц-хлорит-біотитові, без рудні кварцити і ін.). 4 - ЗКСФ (залізо кремністо-сланцева формація) саксаганської світи; 5 - скелюватської світи (sk): 5 – мета ультрабазити (сланці тальк-хлоритові, тальк-хлорит-карбонатні і ін.), 6 - сланці кварц-серіцитових, біотит-кварц-серіцитових і ін., 7 – мета піщаники польовошпат-кварцові і ін., 8 – мета конгломератів і мета гравелітів істотно олігоміктові і ін. ; 9 – мета вулканіти основного і середнього складу Новокриворізький світи (nk); 10 – мета піщаники і мета гравелітів мономіктові кварцові латовського горизонту (світи) (lt); 11 - плагіограніти архейського фундаменту (plyARdn); 12 - лінії стратиграфічної незгоди.

Це дозволяє зробити висновок, що спочатку обидві смуги були значно віддалені одна від одної, а Саксаганський розлом, завдяки якому вони тепер зближені просторово, мав велику амплітуду. Наскільки розділені ці залізородні

смуги в плані, добре відомо – південне закінчення ССС (район НКГЗК) віддалено від північного закінчення ЗСС (район шахти ім. Фрунзе) на 19,5 км.

В плані (Рисунок 2.2), усі здвиго-насувні порушення Криворізької структури конформні Інгулецькому валу, а Саксаганський розлом і підкиди, що оперяють його, – Саксаганському куполу. Це дозволяє вважати, що дані дві системи розривних порушень в породах структури появились в результаті руху блоків гранітоїдів архейського фундаменту, яким вони конформні. Спостерігається накладення (інтерференція) цих двох систем розломів як в плані, так і в розрізах. З такими висновками не узгоджується широко поширена інтерпретація природи Саксаганського розлому як насуву.



Рисунок 2.2. Реконструйований поперечний розріз Криворізької структури (вирівняно по кривлі саксаганської світи).

Структура родовища ускладнена крупними порушеннями: Саксаганським та Східним насувами.

Родовище шахти «Гвардійська» розташоване в північній частині Саксаганського району. Проведеними геологорозвідувальними та експлуатаційними роботами встановлено, що в районі родовища виділяється крупна продольна складчаста структура - Саксаганська синкліналь, азимут простягання цієї структури складає $-0-45^\circ$, падіння порід північно-західне під кутом $55-75^\circ$.

Будову цієї синкліналі ускладнює два крупних субмеридіональних порушення, Саксаганський та Східний розломи.

Крім того, на родовищі зустрічаються субширотні порушення, які суттєвої ролі не мають. Вони зустрічаються в південній частині родовища (район покладу "Комсомолка") та в північній (район покладу "Північний").

Вони звично розповсюджені в межах одного прошарку, падіння їх біля 80-85°, представлені вони брекчіє видними зонами, інколи рудними брекчіями.

Родовище шахти «Ювілейна» входить в склад північної частини Саксаганського району. Основною структурною формою родовища є Саксаганська синкліналь. Вона складає східну частину площі гірничого відводу та є основною структурою, до якої приурочені всі поклади багатих залізних руд родовища. Простягання порід північно-східне, середній азимут простягання - 10-22°. Падіння порід північно-західне під кутом 45-50. Саксаганська антикліналь простягається в північному, північно-східному напрямку під кутом 25-30°. Падіння порід північно-західне під кутом від 35-40° до 60-65°. В межах родовища простежуються розривні порушення: Саксаганський розлом та Східний насув.

За даними гірничих виробок зона насуву, потужністю від 1 м до 3 м, представлена брекчируваним матеріалом магнетитових кварцитів, а в місцях відсутності горизонту талькових сланців, уламками аркозо-філітового матеріалу. В самій зоні простежується декілька добре виражених розривів, часто виповнених в'язким глиноподібним матеріалом.

Крім названих розривних порушень, на родовищі зустрічаються поперечні, повздожні та діагональні диз'юнктивні порушення.

Родовище шахт ім. Фрунзе розташоване в південній частині Саксаганського залізрудного району. За геологічною будовою є складним, поскільки в його межах наявні обидві частини Саксаганської структури - синклінальна та антиклінальна, які роз'єднані зоною Саксаганського розлому.

Ці структури зумовлені наявністю двох рудних простягань - Саксаганське (Саксаганська синкліналь) та Глеюватське (Саксаганська антикліналь).

Будова Саксаганської структури в межах родовища поля ш. ім. Фрунзе складена розривними порушеннями: Саксаганським розломом, Діагональним

зсувом, Східним насувом та субширотними розломами з впровадженням діабазу (діабазові дайки).

Зона Саксаганського розлому має брекчію текстуру, складена з уламків залізистих та без рудних кварцитів і сланців зцементованих дрібно стертим кварцитовим сланцевим матеріалом. Поблизу зони розлому спостерігається подрібнення порід.

Крім основних тектонічних структур Саксаганського та Східного розломів широкого розвитку набули діагональні тектонічні порушення типу зсувів. До таких відносяться Північний, Центральний та Південний зсуви. Простягаються вони з південного сходу на північний захід по азимуту $280-345^\circ$, падіння південно-західне під кутом $70-80^\circ$.

Характеристика ділянка дослідження. Територія Центрального гірничо-збагачувального комбінату (ЦГЗК) (Рисунок 2.3) розчленована глибоко еродованою річковою і ярово-балковою мережею, що прорізає товщу осадових і докембрійських порід і дренує усі водоносні горизонти, які розповсюджені в її межах.

На заході розташовано Карачунівське водоймище, що використовується для господарсько-питного водопостачання і зрошення прилягаючих земель (Рисунок 2.3, Пункт 4, Рисунок 4.1). Створено воно в 1932 р. і реконструйовано в 1955-58 рр. Абсолютні відмітки рівня води у водоймищі змінювалися з 47,8 м у 1961 р. до 59 м у 1970–2001 рр. Гідрохімічні показники води у водоймищі свідчать про спрямовану тенденцію зростання загальної мінералізації, зокрема, кількості сульфатів при відносно незмінній кількості хлоридів.

На сході досліджуваної території розташовано діючий кар'єр ЦГЗК № 1, що перетинає б. Дубову, стік якої зарегульовано ставками.

На південно-східній частині досліджуваної території розташовано область зрушення й обвалення гірських порід, яка є регіональною областю розвантаження підземних вод осадового чохла і тріщинуватої зони докембрійських порід. На півночі досліджуваної території розташована б. Грековатая, стік якої зарегульовано 4-ма ставками.

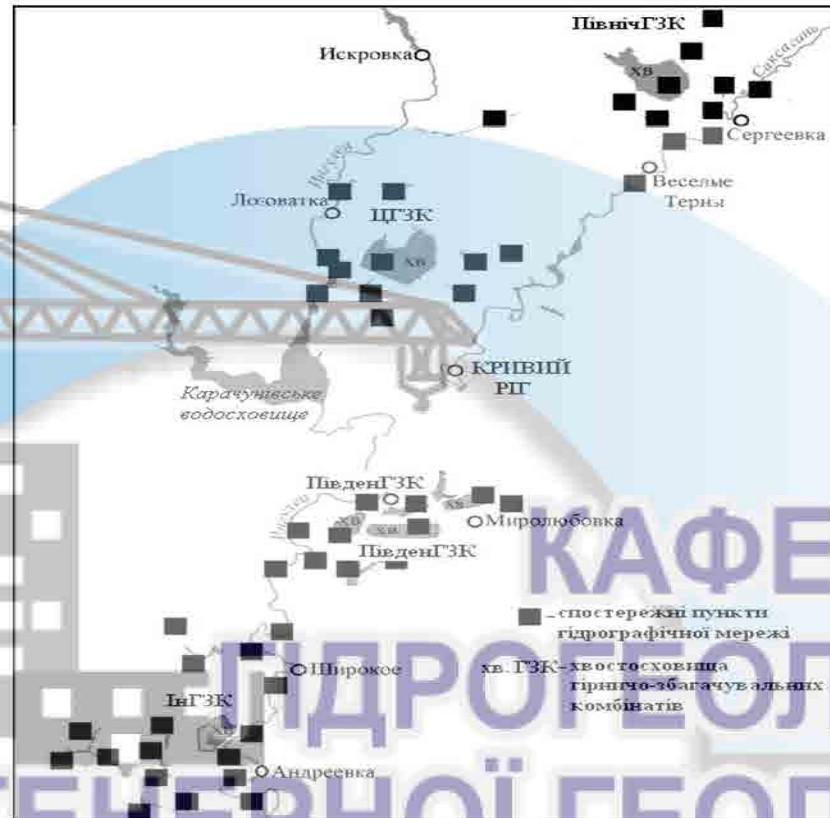


Рисунок 2.3. Схема розташування ділянки дослідження

На півдні досліджувана область обмежена вододілом підземних вод, який розташовано на віддаленні близько 5 км від південної дамби хвостосховища.

У центрі досліджуваної території, на площі 1680 га, розташовано хвостосховище ЦГЗК (Пункт 4, Рисунок 4,2).

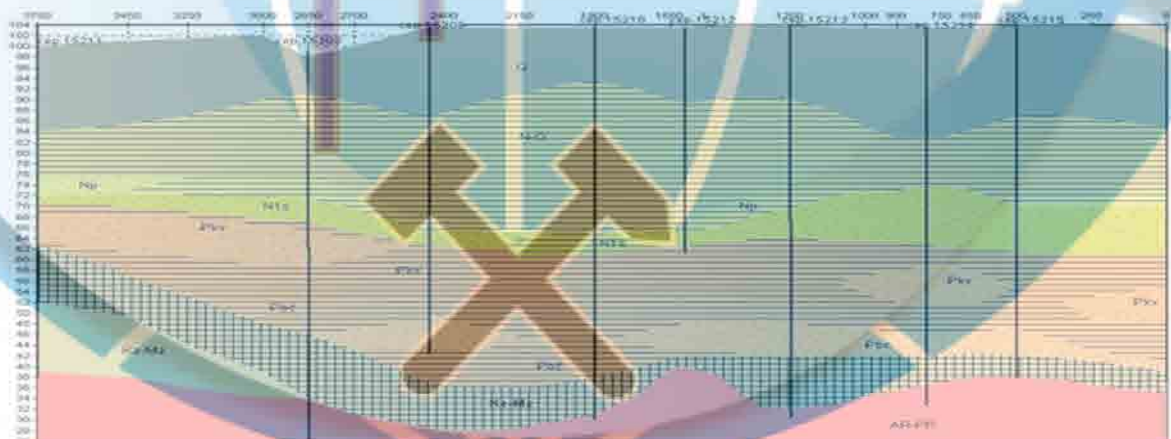


Рисунок 2.4. Геологічний розріз через відвал № 1 хвостосховища ЦГЗКа

Слабопроникні відклади, що розділяють водоносні горизонти, представлені червоно-бурими глинами і суглинками і корою вивітрювання (каоліни і

дресвяно-глиністі відклади), які відсутні в долинах рік і на підвищених ділянках кристалічного фундаменту (Рисунок 2.3, Рисунок 2.5).

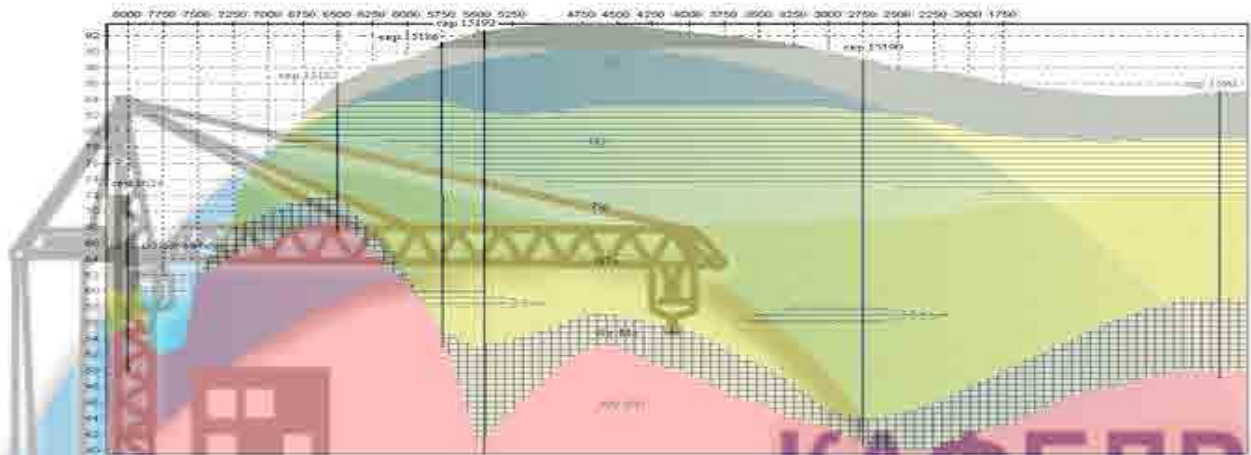


Рисунок 2.5. Геологічний розріз через б. В. Лозоватка вздовж долини р.

Інгулець

2.2 Гідрогеологічні умови Криворізького басейну

В межах басейну підземні води приурочені до осадових відкладів кайнозою та кристалічних порід докембрію.

Серед кайнозойських відкладів водоносними є лесовидні і алювіально-елювіальні суглинки четвертинного періоду, неогенові піски.

Ґрунтові води залягають на глибині 0,5-15 м, амплітуда коливання рівнів 0,5-1,5 м; живлення горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів; водотривкими породами водоносного горизонту є червононі глини. Потужність суглинків 3-12 м.

Режим підземних вод осадових відкладів порушено дренаючою дією гірничого водовідливу шахт та кар'єрів.

На режим ґрунтових вод впливають також геоморфологічні особливості, в межах родовищ протікає р. Саксагань, територія рудників ускладнена ілами.

За хімічним складом підземні води лесовидних суглинків відносяться до хлоридно-сульфатних, сульфатно-хлоридних магнієво-натрієвих з значеннями сухого залишку до 7,7 г/дм. Загальна жорсткість складає 13,9-53 мг-екв/дм.

Водоносний горизонт алювіально-делювіальних суглинків спостерігається в районі балок та в долині р. Саксагань. Потужність відкладів від 1 до 34 м, глибина рівнів ґрунтових вод складає 0,5-3 м. Водоносність відкладів в межах басейну не випробувалась, на решті території, в межах Кривбасу, дебіти колодязів та свердловин не перевищували 3 м³/год., коефіцієнти фільтрації - до 1,2 м/добу. Мінералізація ґрунтових вод складала 1-2 г/дм³.

Серед неогенових відкладів водоносними являються сарматські піски та вапняки, які поширені на схід та захід від смуги порід криворізької серії. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок атмосферних опадів на ділянках відсутності червоно-бурих глин.

Коефіцієнти фільтрації пісків - від 0,2 до 12 м/добу. За хімічним складом води відносяться до хлоридно-сульфатних кальцієво-натрієвих, значення сухого залишку не перевищує 9 г/дм³.

В цілому, на період проведення дослідно-фільтраційних робіт, кайнозойські відклади характеризувалися відносно незначною водозбагаченістю, поблизу кар'єрів і воронок зрушень породи були осушені.

Водоносний комплекс кристалічних порід криворізької серії в межах басейну спостерігається повсюдно. Режим горизонту значно порушений інтенсивним веденням розробки родовищ і постійно змінюється при зростанні товщ та глибин видобутку.

Одним із основних джерел обводнення гірничих виробок шахт являються підземні води тріщинуватих кристалічних порід. Підземні води при- уточені до порід глеюватської, гданцівської, саксаганської, скелеватської і криворізької світ криворізької серії. Водоносність порід вивчалася шляхом проведення спостережень за поглинанням бурового розчину, геофізичних досліджень, відкачок води, пласто випробувань, глибина досліджень – 50 - 500 м.

На території ділянки дослідження за природними умовами водносні горизонти представлені: четвертинних відкладах, неогенових відкладах тріщинуватих порід докембрію та водоносний горизонт техногенного виду.

Водоносний горизонт четвертинних відкладів мав спорадичне поширення у зниженнях рельєфу та на ділянках техногенних витоків. У 1999-2000 рр. глибина залягання рівня змінювалась від 1 м на схилах балок до 10-11,6 м на вододілах. У долинах балок і р. Інгулець горизонт виклинюється, а на окремих підвищених ділянках, як і раніше, він відсутній. Водовміщуючі породи представлені, в основному, лесоподібними суглинками, іноді піщанистими. Потужність змінюється від десятих часток до 20 м, коефіцієнт фільтрації лесоподібних суглинків складає 0,2-0,5 м/добу. Водоносний горизонт безнапірний. Напрямок руху ґрунтового потоку складний – від вододілів до русел рік і балок і від хвостосховища до дрен.

Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і техногенних витоків на території населених пунктів, промпріприємств і на зрошуваних землях. За даними режимних спостережень амплітуда коливання рівня водоносного горизонту в розрізі року сягає 1,5 м, у багаторічному розрізі – до 2-2,5 м.

Хімічний склад підземних вод різноманітний, мінералізація змінюється від 0,4 до 7 г/дм³.

Водоносний горизонт неогенових відкладів представлений товщею сарматських пісків, супісків, вапняків і глин, що перешаровуються. У долині р. Інгулець і на окремих ділянках великих балок він виклинюється. Глибина залягання рівня підземних вод коливається в межах від 1-5 м (у долинах рік) до 20-40 м (на вододільному плато). Загальна потужність водовміщуючих порід змінюється від 2,5 до 30 м. Коефіцієнт фільтрації водовміщуючих порід змінюється від 0,001 до 13,8 м/добу, зростаючи з глибиною (переважно він складає 0,1-4 м/добу). Високі коефіцієнти фільтрації (1,5-3,75 м/добу) пристосовані до балок Завертана, Велика і Мала Лозоватка.

Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок перетоку з вище- і нижче залягаючих водоносних горизонтів, інфільтрації атмосферних опадів, техногенних витоків із хвостосховища і на зрошуваних ділянках. Розвантаження здійснюється у водотоки в балках і у водоносний горизонт кристаліч-

них порід, що залягає нижче. Амплітуда коливання рівня підземних вод у розрізі року складає 1,2-1,5 м, у багаторічному розрізі – до 1,5 м.

Хімічний тип води – від сульфатно-хлоридного натрієво-магнієвого до хлоридно-сульфатного магнієво-натрієвого. Мінералізація від 0,6 до 5,5 г/дм³.

Водоносний горизонт тріщинуватих порід докембрія відноситься до відкладів кристалічних порід докембрію та криворізької серії нижнього протерозою і розповсюджений повсюдно. Потужність зони інтенсивної тріщинуватості в середньому складає 100-150 м та поступово згасає з глибиною. Коефіцієнт фільтрації водовміщуючих порід зони інтенсивної тріщинуватості за даними, змінюється від 0,001 до 2,06 м/добу, складаючи в середньому 0,68-0,74 м/добу. Вздовж західної дамби хвостосховища його значення збільшується до 2,6-4,5 м/добу. Водоносний горизонт безнапірний в долині р.Інгулець і в зоні впливу шахтного водовідливу і кар'єрів. На іншій території – напірний.

Потік підземних вод спрямований від хвостосховища до водоймища і до зони зрушення гірських порід. Амплітуда коливання рівня складає 0,1-0,6 м. У Карачунівське водоймище на досліджуваній ділянці розвантажуються підземні води тільки кристалічних порід, тому що інші водоносні горизонти виклинюються на видаленні від берегової лінії.

Переважають сульфатно-хлоридні натрієво-кальцієво-магнієві води з мінералізацією близькою до мінералізації підземних вод неогенових відкладів.

На території хвостосховища в намівних ґрунтах і, частково, у відвалах утворився *техногенний водоносний горизонт*. З 1961 по 2001 рр. потужність намівних ґрунтів збільшилася до 12-50 м. Коефіцієнт фільтрації відвальних порід за даними ЦГЗК змінюється в межах 0,6-160 м/добу.

2.3 Основні види техногенного навантаження на гідросферу

Об'єкти гірничодобувної і переробної галузі сконцентровані на площі близько 330 км², в межах промислово-міської агломерації (ПМА), а також в безпосередній близькості до неї. Тут налічується понад 75 промислових підпри-

ємств, серед яких найпотужнішими як за обсягами виробництва, так і за впливом на довкілля є: 5 гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК), 9 кар'єрів відкритого видобутку залізних руд, 7 діючих шахт і 4 шахти, що перебувають виключно в режимі гідрозахисту, Криворізький металургійний комбінат (КМК), коксохімічний комбінат, цементно-гірничий завод, завод гірничого обладнання та ін (Рисунок 2.6).

Інтенсивна розробка родовищ залізних руд докорінно змінила природний ландшафт, перетворивши його на характерний для гірничодобувних регіонів техногенний, з численними штучно створеними масштабними об'єктами: кар'єрами, відвалами розкривних порід та некондиційних руд, ставкранкопичувачем зворотних вод, хвостосховищами, зонами зсувів і проваллями (так званими “антропогенними морфоструктурами”). Кар'єри і відвали простягаються з півночі на південь більше ніж на 160 км, відображаючи контур залізничного родовища. Загальна площа кар'єрів Кривбасу – близько 4 тис. га. У відвалах, що займають приблизно 6 тис. га, накопичено понад 3 млрд. тонн відходів видобутку та збагачення залізних руд і 3,5 млрд. м³ розкривних порід. Загальна площа земель, відчужених під промислові об'єкти гірничодобувного і переробного комплексів, досягає 70 тис. га.

Відходи збагачення залізних руд нагромаджуються у хвостосховищах, які водночас акумулюють шахтні і кар'єрні води. Концентрація відходів у цих об'єктах досягла такого рівня, що вони можуть розглядатися як вторинні (техногенні) родовища. З іншого боку – це небезпечні джерела забруднення довкілля, насамперед гідросистеми Кривбасу.

З метою створення безпечних умов відпрацювання рудних покладів щорічно відкачується до 20 млн. м³ високомінералізованих шахтних і 16-18 млн. м³ кар'єрних вод. Одночасно ці води використовуються для поповнення зворотних систем водопостачання гірничо-збагачувальних комбінатів, а їх надлишки збираються в ставку-накопичувачу балки Свистунова та в хвостосховищі Північного ГЗК. Крім цього, до хвостосховищ надходять й технологічні води після збагачення залізних руд. Загалом хвостосховища та ставки-накопичувачі аку-

мулюють 40-50 млн. м³ високомінералізованих вод (мінералізація від 5-8 до 40 г/дм³).

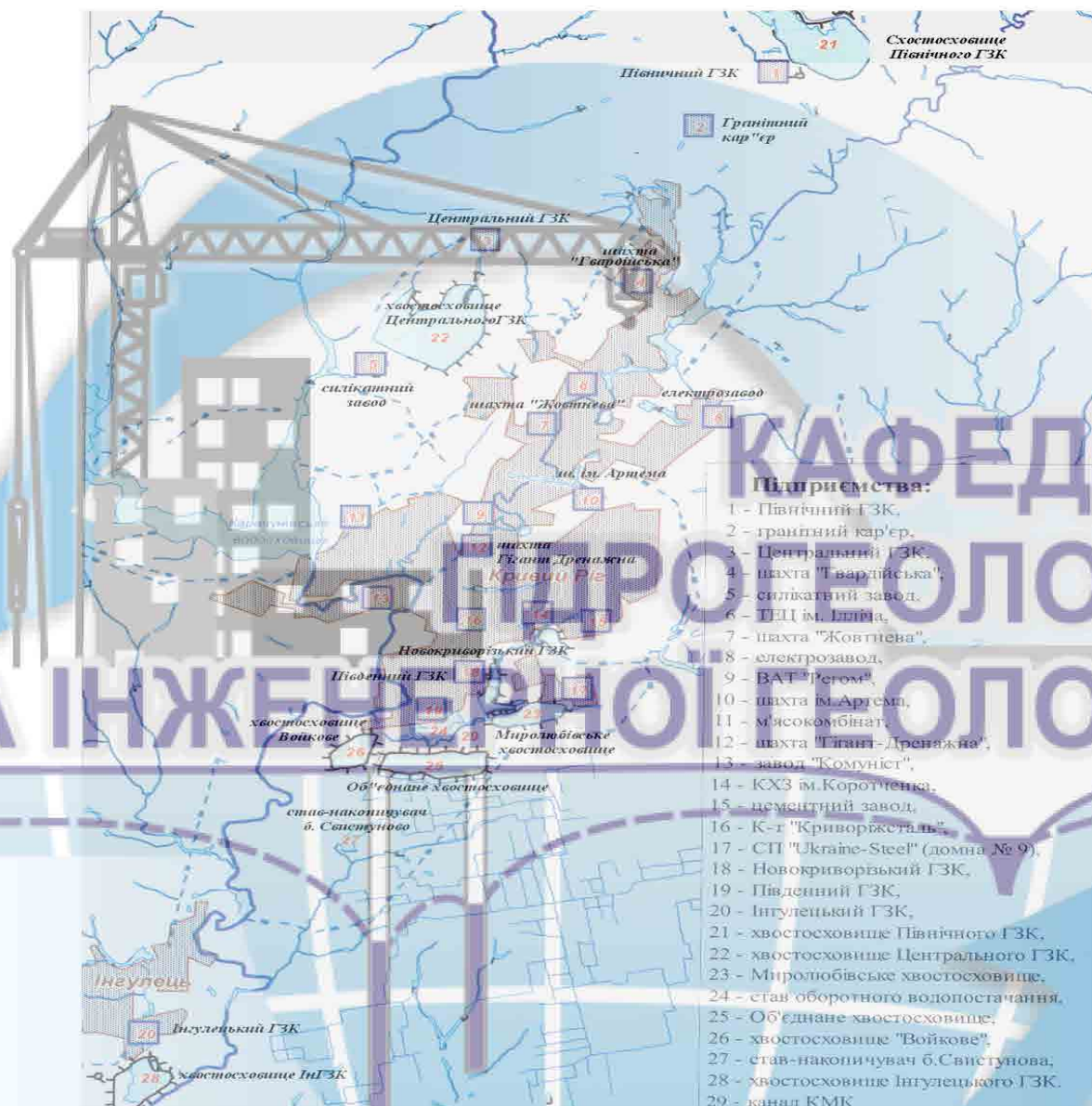


Рис.2.6. Карта-схема Криворізького залізорудного басейну

2.4 Вплив підземної розробки рудних родовищ на поверхню землі

Гірничодобувні регіони загалом і Криворізький зокрема характеризуються високим ступенем ураженості геологічного середовища, що обумовлено видобутком корисних копалин і техногенним навантаженням на довкілля, спричиненим складуванням відходів гірничодобувної та переробної промисловості.

Підземна розробка горизонтів залізистих руд у межах гірничих відводів шахт здійснюється на глибинах до 1200-1500 м. У результаті утворення підземних порожнин значних сумарних об'ємів відбувається активізація процесів зсування гірських порід над відпрацьованим простором й утворення зон провальних форм техногенного рельєфу (Рисунок 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11). На ділянці підвищеного ризику неконтрольоване самопровалення виникає за рахунок проведення буро-вибухових робіт.

Відробки рудних покладів в басейні здійснюється, в основному, камерним способом з обвалюванням порід над виробленим простором. Як наслідок, на поверхні землі формується зони зрушення – мутьди різної конфігурації та глибини.

В межах кожної шахти на площі зони зрушення виділяються, згідно геолого - маркшейдерських матеріалів, які були отримані на кожній шахті за станом на 1.01.2010 року, виділяються дві зони: зона провальних воронок та тріщин і терасо видних уступів і зона плавного здвиження.

Ці дві зони формують загальну площу водозбору в межах площі зрушення порід.



Рисунок 2.7 Зона зрушення шахт ім. Леніна (1) і ім. Орджонікідзе (2)
(діапазон відміток: від (+)130,0 до (+)15,0 м з інтервалом 3 м)

Як приклад, на рисунку 2.7. наведений рельєф поверхні району, який утворився в межах гірничих відводів шх. ім. Леніна та шх. ім. Орджонікідзе.

Провальні зони тяжіють до ділянок розвитку тектонічних зон. Породи, якими складені ці зони, за своїми структурно-текстурними особливостями, механічними параметрами і гідрогеологічними властивостями, також впливають на активізацію провальних і зсувних процесів.



Рисунок 2.8. Поширення провалів в межах гірничого відводу шахти ім. С. М. Кірова.

1 – зони утворення провалів, 2 – діючий кар'єр.



Рисунок 2.9. Провалля у північній частині гірничого відводу шахти ім. С. М. Кірова



Рисунок 2.10. Провалія у центральній частині гірничого відводу шахти ім. С.М. Кірова.



Рисунок 2.11. Провальна воронка в зоні зрушення ш. ім. Леніна

Форма прояву, характер розвитку і параметри процесу зсуву гірничих порід і земної поверхні залежать від наступних чинників: - форми і розмірів виробленого простору; - розвитку розривних порушень; - глибини залягання верхнього контуру виробленого простору; - кута падіння покладу і вміщуючих порід; - структурних особливостей масиву; - обводнення гірничих порід.

Залежно від поєднання чинників, які впливають на процес зсуву гірничих порід, може локалізуватися в масиві або досягти земної поверхні і виявитися у формі воронки, провалу, терас, тріщин, плавних зсувів і їх різних поєднань. Частина масиву, що піддається зсуву, під впливом підземної розробки покладу, і

де деформації перевищують критичні значення, називається областю зсуву гірничих порід.

Інструментальні спостереження за розвитком процесу зрушення гірських порід земної поверхні в гірських відводах шахт виконуються по існуючій спостережливій станції, що складається з профільних ліній, закладених у висячому боці покладів. В лежачому боці покладів профільні лінії відсутні, тому що границя зони зрушення збігається із границею зони обвалення, що чітко простежується на земній поверхні.

По результати спостережень за процесом зрушення гірських порід і земної поверхні на шахтах можна виділити три зони: зона мульди, зона зрушення та провальні зони.

Зона мульди – це незначні зміни рельєфу з розривом суцільності до 1 – 3 м (Рисунок 2.12)



Рисунок 2.12. Плавні зсуви зони мульди.

Ця площа знаходиться на стадії підготовки деформації, під час якої утворення провалів не відбувається, але ряд чинників (або один чинник) приводять територію в нестійкий стан.

Поступово виникають тераси у поєднанні з плавними зсувами, які мають детрузивний (шттовхаючий) вид зрушення. Такі прояви характерні для зони зрушення. Причиною активації процесу є порушення стійкості окремих блоків у кристалічному фундаменті. Швидкість розвитку деформації збільшується з збільшенням інтенсивності впливу гірничо-видобувних робіт на геологічне середовище. Таким чином тераси переходять у провали (Рисунок 2.13). Провальні

зони характеризуються деплясивними (сковзаючими) зрушеннями з утворенням воронок, провалів у поєднанні з терасами, тріщинами, плавними зсувами.

Воронки, які формуються, сягають у діаметрі 300 - 500 м. та глибиною від десятків метрів до кількох сотень метрів. Маса породи зміщуючись утворюють землетруси до 4 - 5 балів. Воронки мають ізометричну або клиноподібну форму.



Рисунок 2.13. Перехід терас у провали.

Ізометричні характеризуються майже вертикальними стінками, достатньо великою глибиною та відсутністю терас і плавних зсувів. Основним чинником утворення провалів такої форми, є порожнини, які утворилися внаслідок розробки родовищ.

Центральна частина зони провалів поверхні ш. „Гвардійська” характеризується воронками ізометричної форми. Її південно-східна частина має рівний контур котрий проходить паралельно простяганню порід. Північно-західна частина представлена чотирма воронками клиноподібної форми. У північному напрямку мають інтенсивний розвиток воронки клиноподібної форми, що характеризує розвиток утворення розривних порушень у кристалічних породах. Утворення провалів поділяється на закономірні та випадкові.

На території гірничого відводу ш. „Гвардійська” знаходяться головним чином закономірні зрушення. Вивчення тектонічних умов формування прова-

льних зон дозволили створити картографо-аналітичну модель формування сучасних тектонічних рухів (Рисунок 2.14).

Як видно з моделі інтенсивний розвиток розривних порушень у північно-му напрямку, приводить до утворення і інтенсивного розвитку провалів клиновидного типу. Процес зміщує у цьому напрямку границю зони зрушення та активує процес утворення терас і плавних зсувів. Враховуючи випадковий характер утворення провалів і напрямом під загрозою руйнації знаходиться селище «Роза». Процес розвитку у цьому напрямку маркшейдерськими службами підприємства не проводиться. Реперні профілі, як показано на схемі, встановлені у центральній та південній частині гіричного відводу. Контроль вертикальних рухів проводиться паралельно розривним порушенням, а не на окремих блоках.



Рисунок 2.14. Картографо-аналітична модель формування сучасних тектонічних рухів у районі шахти «Гвардійська».

2.5 Оцінка гідродинамічних та гідрохімічних змін

Аналіз результатів дозволив виділити у вертикальному розрізі порід Криворізької серії, на сучасний період, тільки дві гідродинамічні зони, які характеризуються різним хімічним складом підземних вод. Перша зона – зона інтенсивного водообміну, простежується для різних шахт до глибини 450 м – 640 м; друга зона – зона уповільненого водообміну, до глибини відробки шахти – 1350 м - 1430 м [51]

В межах першої зони хімічний склад, підземних вод змінюються від хлоридно – сульфатних кальцієво – магнієво – натрієвих до сульфатно – хлоридних натрієвих, з закономірним збільшенням з глибиною вмісту хлоридів і солей натрію.

Для цієї зони характерним є наявність вмісту сульфатів, у кількості - 69,9 16,9 % - екв.; кальцію – 4,24 – 29,37 % - екв.; та магнію – 10,15 - 29,1 % - екв. Фактична мінералізація підземних вод у залежності від періода відбору проб (початок експлуатаційних робіт на горизонті і завершення їх) коливається в широких межах, від 1,2 г/дм³ до 81,5 г/дм³ (шх. «Ювілейна», шх. ім. Леніна). Величина інфільтраційного живлення за даними відповідних розрахунків, досягає 42,5 - 85,5 % (шх.ім. Леніна) – 66,1 - 70,5 % (шх. ім. Фрунзе Глеюватського простягання)[51].

На базі шахти «Гвардійська» зроблена повна оцінка гідродинамічних та гідрохімічних змін.

Загально шахтні водо припливи по шх. «Гвардійська», на сучасний період, коливаються в межах 120 – 129 м³/год.

Крім цього, в межах шахтного поля, на різних стадіях розвідки родовища, було пробурено майже 310 свердловин з поверхні, глибиною до

1500 м. На сьогодні не всі свердловини були заштамповані на всю глибину. На сучасний період, на горизонти 1190-1270 м розкрито дві свердловини № 14323, № 8450, які були пробурені з поверхні, загальний водо приплив по яких становить 2 м³/год.

На шх. «Гвардійська» спостерігається закономірне зростання загальної мінералізації підземних вод з глибиною – від 99,3 г/дм³ (горизонт 792 м) до 144,1 г/дм³ (горизонт 1270 м) . Розрахункова мінералізація підземних вод також планомірно зростає з глибиною від 75,9 г/дм³ до 125,0 г/дм³.

Аналіз наявних матеріалів свідчить, що глибина активного проникнення маломінералізованих вод на шахті «Гвардійська», на сучасний період, досягає 1031 м (мінералізація – 5,3 г/дм³) (Рисунок 2.15) [51].



Рисунок 2.15 Графік співставлення мінералізації підземних вод на початку експлуатації и станом на 2009 рік

Співставлення хімічного складу атмосферних опадів, поверхневих і підземних маломінералізованих вод (до 5 г/дм^3) в залежності від глибини по шахті «Гвардійська» наведено на рис.2.16



Рисунок 2.16. Співставлення хімічного складу атмосферних опадів, поверхневих і підземних маломінералізованих вод (до 5 г/дм^3) в залежності від глибини по шахті «Гвардійська»

3 ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ КРИВБАСУ

Методика моделювання фільтраційних процесів включає: обґрунтування фільтраційної схеми, обґрунтування числа розрахункових шарів і границь області фільтрації у плані і розрізі; схематизацію гідрогеологічних, гірничотехнічних і техногенних умов; вибір інтервалів часу для вирішення обернених задач та безпосередньо рішення обернених та прогнозних задач.

Аналіз природних та техногенних умов дозволив виділити характерні особливості області фільтрації досліджуваної території, які знайшли відображення при розробці розрахункової схеми, методики моделювання та удосконаленні програмного забезпечення.

При складанні фільтраційної схеми природних умов було визначено: водоносний комплекс в кристалічних породах, наявність численних тектонічних порушень, анізотропні властивості порід, ступінчастість покрівлі кристалічних порід.

При складанні фільтраційної схеми техногенно-порушених умов: з'ясовано особливості гірничотехнічних умов, проаналізовано вплив гірничих робіт і шахтного водовідливу на навколишнє середовище, складено уяву про зміни гідрогеологічних умов, проаналізовано умови живлення і розвантаження підземних вод у техногенно порушених умовах, проаналізовано фільтраційні параметри горизонтів (комплексів) на ділянках ведення гірничих робіт, вивчено режим водоносних горизонтів перших від поверхні і до глибин нижче ведення гірничих робіт на різні моменти часу/

Аналіз природних та техногенних умов Кривбасу показав, що на розмір водо припливу до шахт впливають: гірничоексплуатаційні особливості розробки родовищ, системні розробки і ступінь зв'язку між шахтами, водопровідність порід, водозбагаченість порід у зонах розривних порушень, розкриття дренажними комплексами кварц-карбонатних порід та доломітових мармурів, величини атмосферних опадів, фільтрація з поверхневих водотоків і водойм.

Загальний шахтний водовідлив складається з водоприпливу підземних вод до стовбурів шахт та гірничих горизонтів, питної води, що подає до шахти на технічні потреби, і водоприпливу з суміжних шахт.

Основною складовою водоприпливу до обвалення порід є гравітаційні ємнісні запаси підземних вод рудного покладу. Після обвалення значну частину водоприпливу складають атмосферні опади, що інфільтруються по площі зони зрушення.

Для створення моделей Кривбасу було використано програмну систему MIF, яку було розроблено в ДВ УкрДГРІ. Вона призначена для чисельного рішення диференціальних рівнянь, що описують процеси планово-просторової фільтрації і масо переносу в неоднорідній шаруватій товщі з урахуванням: взаємозв'язку підземних і поверхневих вод, перетоку через слабо проникні шари в покритті і підшві водоносного шару, інфільтраційного живлення за рахунок атмосферних опадів і техногенних джерел, випаровування, експлуатації водозабірних і нагнітальних свердловин, зміни граничних умов і параметрів у часі, переходу напірного режиму фільтрації в безнапірний і навпаки та інших гідрогеологічних процесів.

Програмна система MIF дозволяє враховувати ємність поділяючого шару при осушенні водоносного горизонту, що залягає вище, і виконувати розрахунок фільтраційного потоку в шарах з гіпсометрією підшви, що різко змінюється.

Кількість розрахункових шарів моделей було визначено з урахуванням: характеру водоносної структури, зміни коефіцієнту фільтрації порід з глибиною, зміни коефіцієнту фільтрації розрахункових шарів після обвалення гірських порід, глибини розвитку тектонічної тріщинуватості порід криворізької серії і водозбагаченості порушень, числа горизонтів гірничих робіт, зміни у розрізі величин водоприпливу до гірничих горизонтів.

Визначена кількість розрахункових шарів дорівнює 10, два з них – це водоносні горизонти осадової товщі і вісім – водоносний комплекс. В один розрахунковий шар водоносного комплексу кристалічних порід входить до 2-3 горизонтів відпрацювання.

Напрямок осей сітки обрано з обліком переважного простягання порід і спрямованості основних тектонічних порушень території Кривбасу.

Розмір різницевої сітки (Δx , Δy) визначено в залежності від площі досліджуваної території (140,6 км² – територія центральної частини Кривбасу, що моделюється; 98 км² – територія південної частини Кривбасу, що моделюється) масштабу вихідних карт (1:10000, 1:25000), ступеня вивченості гідрогеологічних і техногенних умов, можливостей обчислювальної техніки і програмного забезпечення. Розбивка враховувала структуру зон тектонічних порушень по глибині. Розмір різницевої сітки регіональних моделей території Кривбасу з урахуванням особливостей геологічних умов (потужність прошарків переважно від 10 м до 150 м, ширина зон тектонічних порушень – до 100 м, гідравлічні градієнти з висячого боку рудного покладу – 0,15-0,5, з лежачого – 0,5-3,2, зміни фільтраційних параметрів у розрізі, кута падіння порід – 60-90 °) визначено як 100-150 м. При такому розмірі блоків перепад рівня підземних вод кристалічних порід у блоках у межах шахтних полів складатиме 15-75 м. Різницева сітка рівномірна ($\Delta x = \Delta y$).

Часові періоди рішення задачі зі сталим і несталим режимом підземних вод встановлено на підставі аналізу динаміки техногенного навантаження (час відпрацювання і введення нових горизонтів гірничих робіт, час вибуття шахт з експлуатації), режиму водоприпливу до шахт і даних режимних спостережень.

Головними ознаками виділення границь моделей Кривбасу були геолого-структурні особливості території і умови розчленування рельєфу. Території, для яких створювалися моделі, мають баланс підземних вод, незалежний від балансу суміжної території.

Гідрогеологічні та техногенні умови схематизувалися і інформація перетворювалась до вигляду, необхідного для введення в сіткові моделі в межах часових інтервалів рішення обернених і прогнозних задач, а також виділялись типові зони параметрів і граничних умов.

В електронний вигляд введено масиви сіткової інформації, які наведено в таблиці 1

Коли сіткові дані підготовлено, проводилась їх верифікація. Вихідні масиви адекватно відображали гідрогеологічну структуру, параметри і граничні умови.

Зупинимося на особливостях схематизації параметрів водовмісної товщі кристалічних порід. Спочатку склали карту зон коефіцієнтів фільтрації розрахункових шарів згідно карт літологічних властивостей порід, фільтраційних властивостей тектонічних порушень (масштаб 1:10 000).

Коефіцієнти фільтрації порід в областях зрушення і обвалення задано набагато більшими в порівнянні з непорушеними умовами. Вони уточнювалися в процесі вирішення оберненої задачі. Для зручності корегування коефіцієнтів фільтрації, параметру взаємозв'язку суміжних шарів, водовіддачі й анізотропії порід при вирішенні обернених задач зони одного й того ж тектонічного порушення чи порід з однаковим літологічним складом було задано у різних розрахункових шарах під однаковим номером.

Масив коефіцієнтів фільтрації кристалічних порід найбільш складний. Адекватно відобразити різку зміну параметрів у плані та розрізі дуже важко. Їх зміна пов'язана зі структурно-тектонічними і гірничо-техногенними особливостями території. Для кожного розрахункового шару були необхідні геологічні карти-зрізи з урахуванням кутів падіння площин розривних порушень, насувів, порід продуктивної світи й особливостей залягання доломітових мармурів. Ці зрізи дозволили передбачити зв'язок високо проникних порід у розрізі (в першу чергу в карбонатних породах і на ділянках розломів) з урахуванням їх безперервності. В межах виділених зон було розраховано усереднені коефіцієнти фільтрації.

Підхід до завдання усереднених фільтраційних параметрів. При горизонтальному і вертикальному заляганні порід розрахунок середньозважених значень коефіцієнтів фільтрації k_{x_i} , k_{y_i} і k_{z_i} по осях X , Y і Z у розрахунковому шарі (блоці) виконувалося за залежностями, наведеними в праці, відповідно фільтрації підземних вод паралельно чи перпендикулярно нашаруванню порід.

Таблиця 1 – Файли вихідних даних

Масиви	Розмірність	Масиви	Розмірність
Коефіцієнти анізотропії порід (природні чи розрахункові – k_y/k_x)		Абс. відм. підосви підруслових відкладів і підосви гірничих виробок	м
Тип граничних умов (границі розрахункових шарів, що моделюються, і тип граничних умов на їх зовнішніх і внутрішніх границях) – II, III		Водопровідність підруслових відкладів (параметр взаємозв'язку підземних вод з поверхневими); параметр взаємозв'язку гірничих виробок з підземними водами	доба ⁻¹
рід		Витрати підземних вод на границях розрахункових шарів, що моделюються	м ³ /добу
Дебіт водозабірних свердловин	м ³ /добу	Техногенна інфільтрація	мм/рік
Інфільтрація	мм/рік	Абс. відм. покрівлі розрахункового шару	м
Абс. відм. покрівлі розрахункового шару	м	Коефіцієнти фільтрації розрахункових шарів	м/добу
Абс. відм. підосви розрахункового шару	м	Параметр взаємозв'язку суміжних розрахункових шарів (розрахункова величина)	KZ/mZ, доба ⁻¹
Абс. відм. рівня рік, абс. відм. горизонтів ведення гірничих робіт	м	Абс. відм. рівнів розрахункових шарів	м

Закінчення таблиці 1

Масиви	Розмірність	Масиви	Розмірність
Водопровідність розрахункових шарів з постійною в часі потужністю	м ² /добу	Контрольні дані – рівні підземних вод за даними режимних спостережень чи різночасних вимірів у свердловинах, водопритлив до капітальних, підготовчих та дренажних виробок, горизонтів гірничих робіт і в цілому до шахти, фільтраційні витoki з річок, глибина залягання ґрунтових вод та ін.	

Для врахування відмінності коефіцієнтів фільтрації по осях X , Y на моделі введено масив коефіцієнтів анізотропії (k_{y_e} / k_{x_i}). При цьому коефіцієнт анізотропії представляє собою добуток коефіцієнта природної анізотропії порід і розрахункового коефіцієнта, який отримано в результаті схематизації фільтраційних властивостей порід. Детальніше розрахунок середньозважених значень коефіцієнта фільтрації для умов перешарування добре і слабопроникних пластів у разі горизонтального та вертикального залягання розглянуто в праці [53].

Взаємозв'язок підземних вод з поверхневими та з гірничими виробками задавалася на моделі масивами: абсолютних відміток води поверхневих водойм і горизонтів гірничих робіт, абсолютних відміток підосів підруслових відкладів або слабопроникних покриттів і параметра взаємозв'язку з урахуванням недос-

коналості границь.

Масиви гравітаційної і пружної ємності формувалися окремо. При вирішенні задачі в розрахункових блоках програмно вибирається коефіцієнт пружної ємності, якщо режим напірний, і коефіцієнт гравітаційної ємності, якщо режим безнапірний.

Живлення водоносних горизонтів за рахунок атмосферних опадів і техногенних витоків відтворено моделі граничною умовою 2-го роду.

Завдання граничних умов. Приплив (відтік) до зовнішнього контуру моделі задано граничною умовою 2-го чи 3-го роду.

Взаємозв'язок підземних вод з поверхневими водами рік і водойм, кар'єрів, горизонтами ведення гірничих робіт відображено граничною умовою 3-го роду.

При моделюванні гірничих виробок було враховано, що в умовах водовідливу вони працюють як дрени – повним перерізом, при затопленні шахт на цих ділянках змінювали водопровідні й ємнісні властивості порід. Розмір параметру взаємозв'язку гірничих виробок з підземними водами суттєво впливає на водоприплив до них та на розподіл напорів. Значення параметру взаємозв'язку гірничих виробок з підземними водами встановлювали при вирішенні обернених задач в залежності від типів і фільтраційних параметрів порід, де розташовані гірничі виробки. Якщо до одного розрахункового блоку потрапляло декілька типів граничних умов, то задавали ту граничну умову, яка здійснювала найбільший вплив на підземні води.

Якщо в одному блоці розташовано гірничі виробки разом з іншими границями (річка, водоймище), то гірничі виробки відтворювали граничною умовою 3-го роду, а інші границі – граничною умовою 2-го роду. Якщо в одному блоці розрахункового шару розташовано гірничо-капітальні виробки позарудного покладу і гірничопідготовчі виробки, що розкривають рудний поклад, відтворювали тільки останні.

До формування масиву поверхневих водотоків було проведено типізацію території за основними геофільтраційними схемами (Рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Геофільтраційні схеми взаємозв'язку поверхневих і підземних вод

У разі затоплення шахт гірничі виробки уявляють собою сполучені посудини, режим фільтрації підземних вод в яких поступово переходить із безнапірного в напірний. Відтворення процесу затоплення шахт на моделі здійснювали послідовним відключенням граничних умов 3-го роду в блоках з горизонтами в міру того, як відновлюється в розрахункових шарах рівень підземних вод, або одночасним відключенням граничних умов на усіх горизонтах. У розрахункових блоках з гірничими виробками задавали значні коефіцієнти фільтрації (значно більші за ті, що були отримані при вирішенні оберненої задачі), коефіцієнти анізотропії (вони збільшували коефіцієнти фільтрації ще на порядок) і розрахункове значення гравітаційної водовіддачі. Гравітаційна водовіддача розраховувалась з обліком об'єму порід, що були витягнуті. Максимальне значення коефіцієнта фільтрації забезпечувало неув'язку балансових складових підземних вод мінімальною.

Зменшення площі дна кар'єрів з глибиною розраховано при кутах схилу 30° . На границях розрахункових шарів по контуру кар'єрів задавалися рівні, що відповідали відміткам підосви цих шарів.

Для порівняння водоприпливів, що отримані на моделі, з фактичними використовувались дані про мінімальні, максимальні і середньорічні значення водовідливу сумарно по всіх рудниках, по кожному руднику, по шахтах, горизонтах і дренажних комплексах. Водоприплив до шахт значно коливається у часі.

Режимні спостереження за рівнем підземних вод. Режимні свердловини мають різну глибину та кривизну. Устя та забій глибоких свердловин через їхню кривизну віддалені одне від одного в плані на 200-400 м. Глибина відкритої частини спостережливих свердловин становить від 12 м до 1 441 м, довжина – від 18 м до 1 318 м. Точність виміру рівнів у глибоких свердловинах низька – до 25 м.

Аналіз режимних спостережень підтвердив необхідність ретельного підходу до їх використання як контрольні дані. На рівневий режим підземних вод впливає відстань свердловин від об'єктів (кар'єри, стовбури шахт, квершлагги, області зрушення та обвалення, очисні виробки, річки та ін.). Для близько розташованих свердловин, що знаходяться на різній відстані від гірничих виробок та мають різну глибину і довжину відкритої частини, характерні різкі відмінності рівнів підземних вод. Чим менше відкритий інтервал свердловини, тим точніше фіксується рівень (напір) підземних вод. Якщо інтервал опробування водоносного комплексу знаходиться у безпосередній близькості від гірничої виробки, то у свердловині може фіксуватися рівень (напір) близький до відмітки підосви цієї виробки. Наявність відносно добре проникних кварц-карбонатних порід і зон тектонічних порушень ускладнює картину розподілу напорів підземних вод як у плані, так і в розрізі.

Результати режимних спостережень в свердловинах з інтервалом робочої частини більш 200-250 м, що характеризують середньозважений напір підземних вод, використовували як контрольні дані тільки після відповідних розрахунків.

Згідно [54], середньозважене значення напору, отримане за результатами моделювання у межах декількох розрахункових шарів, визначається за залежні-

стю:

$$h_w = \frac{\sum_{b=m}^n \frac{T_{i,j,b} \cdot h_{i,j,b}}{\ln(r_{ab}/r_w)}}{\sum_{b=m}^n \frac{T_{i,j,b}}{\ln(r_{ab}/r_w)}} \quad (3.1)$$

де $T_{i,j,b}$ – водопровідність у блоці i,j,b ; $h_{i,j,b}$ – напір у блоці i,j,b ; r_{ab} – радіальна відстань від центра осередку до окружності, уздовж якої середній напір в горизонті вважається рівним $h_{i,j,b}$; r_w – радіус свердловини.

Коли сіткові дані підготовлені, проводиться їх верифікація. Вихідні масиви повинні адекватно відображати гідрогеологічну структуру, параметри і граничні умови.

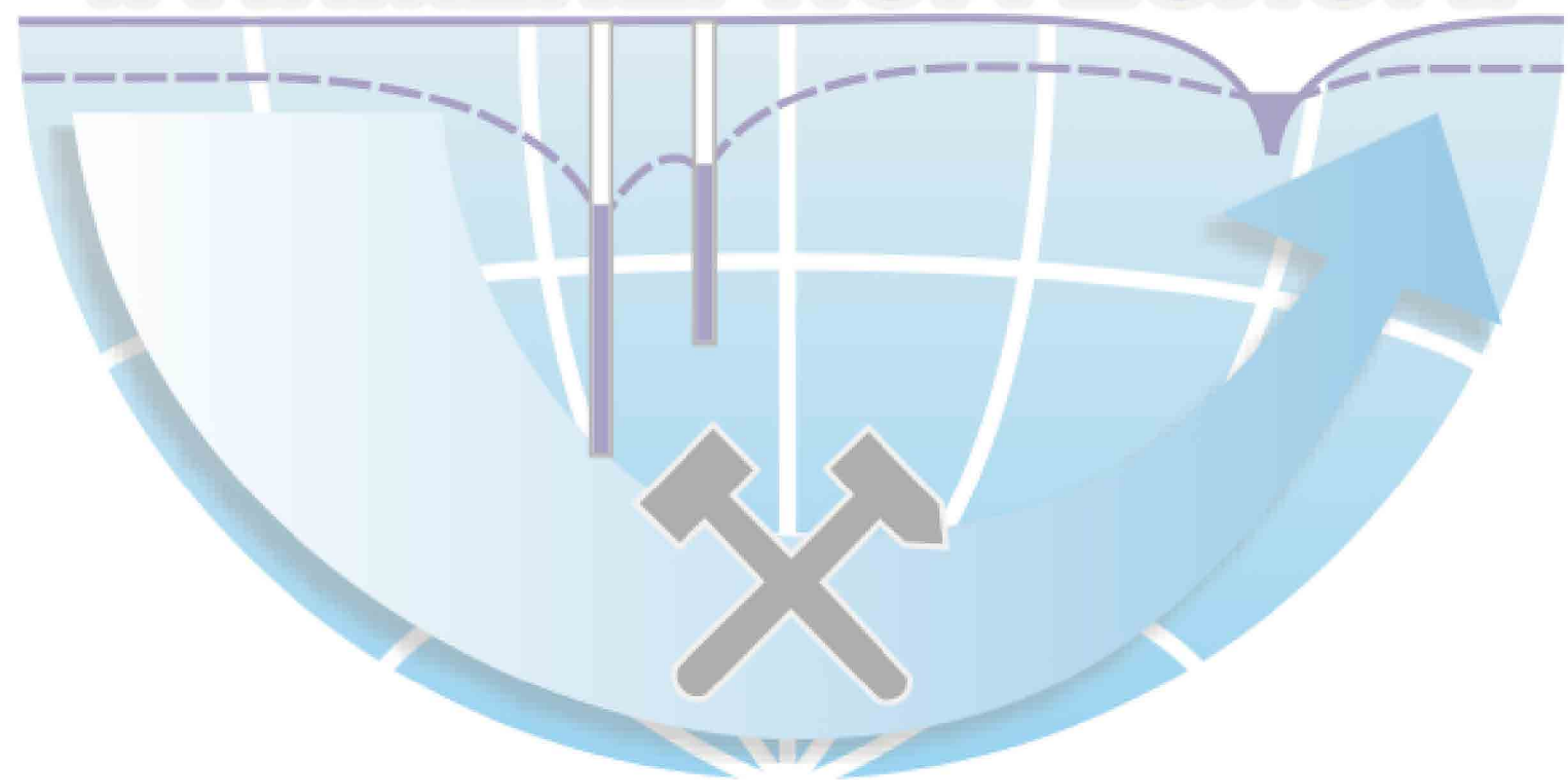
Після доказу адекватності моделі досліджуваному об'єкту при вирішенні оберненої задачі вирішувались прогностичні задачі. Прогностичний період розділявся на часові інтервали, підготовлювались додаткові масиви параметрів, що враховують поглиблення чи затоплення гірничих виробок (масив абсолютних відміток гірничих виробок, параметрів взаємозв'язку гірничих виробок з підземними водами), зміни коефіцієнтів фільтрації і водовіддачі порід. У відповідності зі способом консервації шахт (мокра консервація чи консервація в режимі гідрозахисту) на моделі на дати закриття шахт змінювали граничні умови. Якщо шахта буде працювати в режимі гідрозахисту, то задавали граничну умову 3-го роду на горизонті, з якого буде вестися відкачка, а також на всіх горизонтах, що залягають вище. Якщо передбачається мокра консервація шахти, то граничну умову 3-го роду на усіх горизонтах відключались.

Калібрування моделей здійснювалось при визначених параметрах, а рішення прогностичних задач виконувалось як при визначених параметрах, так і в багатоваріантній постановці. Фактична закономірність зміни фільтраційних параметрів порід в областях обвалення на прогностичний період у часі невідома, тому розподіл рівнів та швидкість їх росту на моделі необхідно отримано при фільтраційних параметрах, які відповідають передбачуваним максимальним і мінімальним їх значенням. На кінець виділених прогностичних часових інтервалів розра-

ховувались балансові складові підземних вод. Процес формування рівнів в умовах затоплення шахт дуже складний. Є труднощі у визначенні об'єму вільного простору після обвалення і ущільнення порід при затопленні і фільтраційних параметрів у часі. Тому формуванню режимної мережі на шахтах, що затоплюються, слід приділяти особливу увагу.

Моделі знаходяться в експлуатації, удосконалюється розрахункова схема водоносних горизонтів осадової товщі, рішення обернених і прогнозних задач повторюється, моделі поступово удосконалюються, адекватно наближаючись до об'єкту.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



4 МОДЕЛЬ ХВОСТОСХОВИЩА ЦЕНТРАЛЬНОГО ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

Хвостосховище Центрального гірничо-збагачувального комбінату (ЦГЗК), що призначене для складування відходів збагачення залізних руд, введено в експлуатацію в 1961 р. Воно розташовано в верхній та середній частинах балок Велика та Мала Лозоватка на відстані 1-3 км від Карачуновського водоймища. Для переоцінки фільтраційних втрат із хвостосховища та величини розвантаження фільтраційних вод у Карачуновське водоймище створена математична модель (Рисунок 4.1, 4.2).



Рисунок 4.1. Границі області моделювання

При створенні моделі використано результати геологорозвідувальних робіт, виконаних інститутами «Укргіпродгосп» і ВІОГЕМ, Криворізькою комплексною геологічною партією, Саксаганською гідрогеологічною партією.

Моделювання виконувалося на програмному забезпеченні MIF, розробленому в секторі моделювання ДВ УкрДПРІ.

Характеристика об'єкту досліджень. У центрі досліджуваної території на площі 1680 га розташовано хвостосховище ЦГЗК (рисунк 4.2). За способом заповнення – наливне, за характером рельєфу – балкове. Оконтурене греблею, висота якої – 58,5 м. Матеріал греблі – місцеві суглинки. Зі східної і південної сторін хвостосховища знаходяться скельні упорні призми (відвалами). За гранулометричним складом відвали характеризуються як дуже неоднорідні. Заповнення чаші хвостосховища проводиться конусним наливом пульпи, з 1983 р. – відносно рівномірно (рисунк 4.3).



Рисунк 4.2. Схема хвостового господарства ВАТ «ЦГЗК»

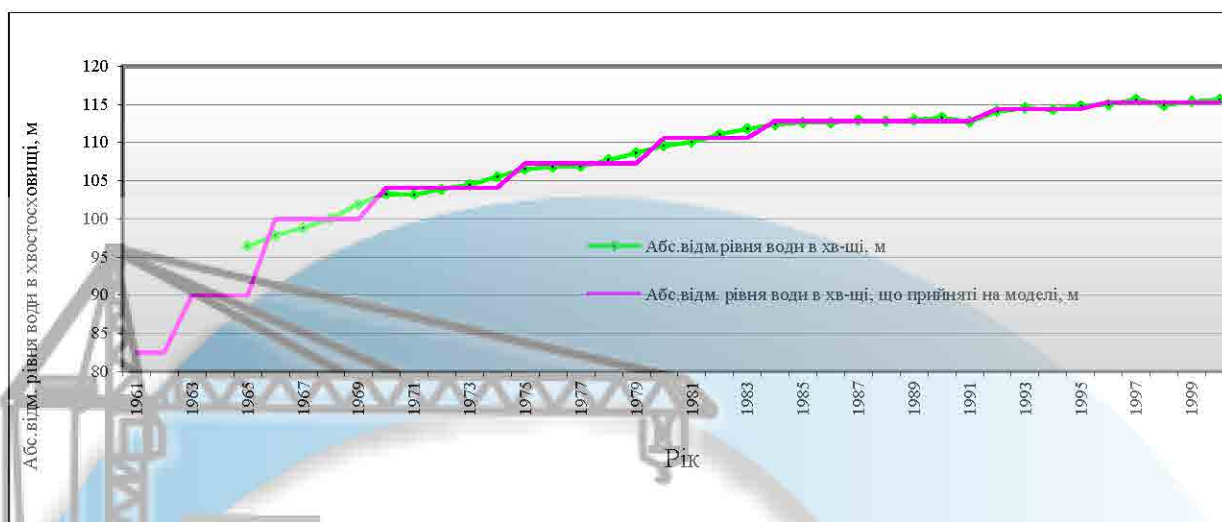


Рисунок 4.3. Динаміка заповнення хвостосховища

Площа ділянки, що покрита водою – 225,96 га. Незатоплена частина хвостів у 1999р. мала відмітки 115,3-124,1 м. За даними Саксаганської гідрологічної партії мінералізація води в хвостосховищі з 1961 р. по 2000 р. збільшилася з 2 до 5,38 г/дм³.

Фільтраційні води з хвостосховища перехоплюються горизонтальними дренами, що закладені по контуру хвостосховища в лесоподібних суглинках і в устях балок Завертана, Мала і Велика Лозоватка в сарматських відкладах, а також вертикальним дренажем у виді лінійного ряду свердловин у сарматських пісках і кристалічних породах (Рисунок 4.2). За допомогою насосних станцій дренажні води перекачуються назад у хвостосховище.

У систему захисту навколишнього середовища від підтоплення і забруднення входить також протифільтраційна завіса (ПФЗ) довжиною 1480 м і глибиною 16-25 м (Ошибка! Источник ссылки не найден. 4.2). Будівництво ПФЗ проводилося в 1989-1997 рр. Як заповнювач використана суміш бентонітової глини і цементу. Проектна довжина ПФЗ – 6700 м, глибина – від 35 до 45 м, коефіцієнт фільтрації заповнювача – 0,0002 м/добу. За даними інституту «Укрспецбудпроект» (м. Дніпропетровськ, 1992) коефіцієнт фільтрації тіла завіси був значно вище проектного і, в залежності від заповнення щілини ПФЗ, складав від 0,089 до 0,52 м/добу.

Режим підземних вод. У результаті створення хвостосховища ЦГЗК у всіх водоносних горизонтах до 1973 р. сформувався купол підземних вод. Під хвостосховищем режим фільтрації водоносних горизонтів четвертинних і неогенових відкладів перейшов з безнапірного в напірний. З 1984 по 1999 рр. підйом рівня підземних вод неогенових і кристалічних порід спостерігався тільки з західної сторони хвостосховища (Рисунок 4.4). На північному заході він склав 2-5 м (сверд. 999, 1636, 1532, 1637, 1530, 998, 1533 (Рисунок 4.2), а в районі між балками Завертана і В.Лозоватка – до 1-1,5м.

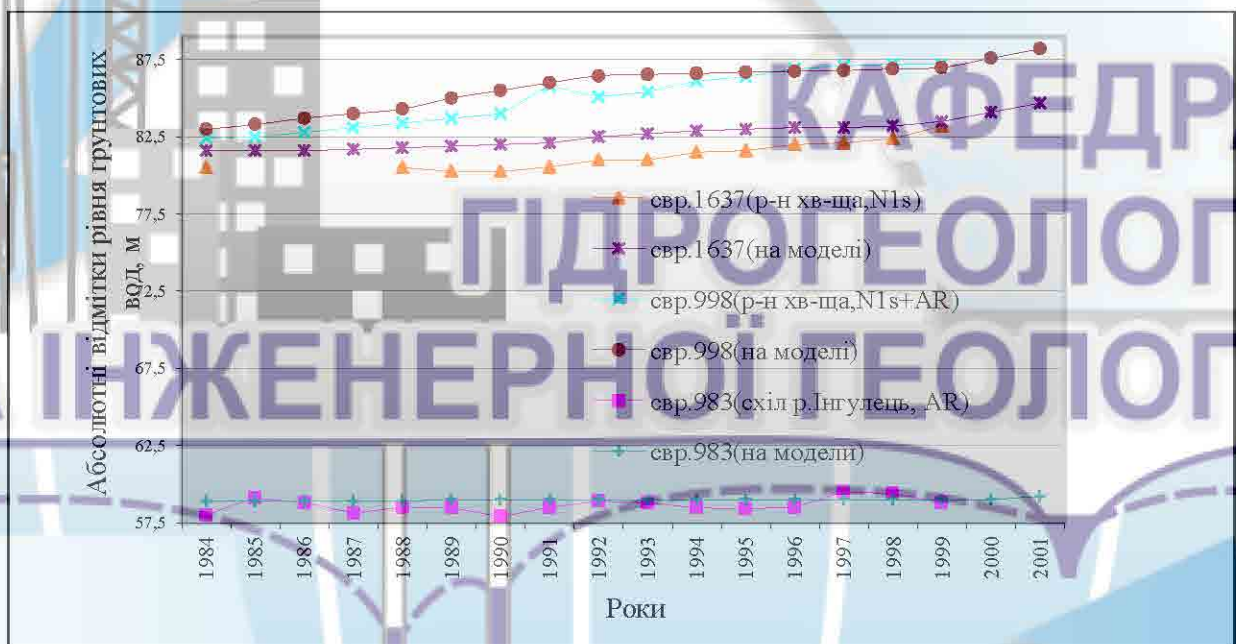


Рисунок 4.4. Середньорічні рівні підземних вод неогенових і докембрійських відкладів

На ділянці між південно-західною частиною відвала №1 і ПФЗ до 1996 р., під впливом ПФЗ, відбувся підйом рівнів підземних вод четвертинних відкладів до 4-х метрів (сверд. 1424) і неогенових відкладів – до 6-ти метрів (сверд. 992). Потім рівень ґрунтових вод практично стабілізувався.

У межах досліджуваної території режим підземних вод, за винятком західної ділянки хвостосховища, можна вважати сталим.

Схематизація області фільтрації. На моделі відтворено: техногенний водоносний горизонт намивних ґрунтів хвостосховища і відвалів; три водоносних горизонти, представлених четвертинними, неогеновими (осадова товща) і

архей-протерозойськими (кристалічні породи) відкладами; три слабо проникних прошарки.

Зовнішні границі розрахункових шарів моделі збігаються з вищенаведеними границями досліджуваного об'єкта (Рисунок 4.1). Крок сітки рівномірний – 125 м. Граничною умовою III-го роду відтворені: водотоки і водойми; горизонтальні дрени; свердловини вертикального дренажу; контури виклинювання водоносних горизонтів в області зрушення гірських порід і в кар'єрі; приплив і відтік на зовнішніх границях моделі. Вододіли підземних вод апроксимовані граничною умовою II-го роду ($Q=0$).

Для оцінки адекватності моделі об'єкту вирішені зворотні задачі:

- стаціонарна – на доексплуатаційний період (1960-1961 рр., рівень води в Карачунівському водоймищі підтримувався на відмітці 47,8 м);
- нестационарна – з моменту введення в експлуатацію хвостосховища ЦГЗК – 1961 р. до 2001 р.

Контрольними даними при корегуванні моделі прийнято різночасові виміри рівнів підземних вод, дані режимних спостережень, витрати горизонтальних дрен і свердловин вертикального дренажу.

При рішенні нестационарної задачі враховано: зміну в часі конфігурації хвостосховища й абсолютних відміток рівня води в ньому (Рисунок 4.4); зміну абсолютних відміток рівня води в Карачунівському водоймищі; послідовність уведення горизонтальних дрен, свердловин вертикального дренажу, ставків гідрозахисту і ПФЗ; збільшення коефіцієнта фільтрації четвертинних відкладів при підйомі рівня підземних вод; зменшення коефіцієнта фільтрації намівних ґрунтів у хвостосховищі.

Результати моделювання. Отримані на моделі рівні підземних вод (Рисунок 4.5, Рисунок 4.6) і витрати горизонтальних і вертикальних дренажів на період рішення нестационарної задачі знаходяться практично в межах їх амплитуди коливання (Таблиця 2, Таблиця 3), і це підтверджує адекватність моделі об'єкту.

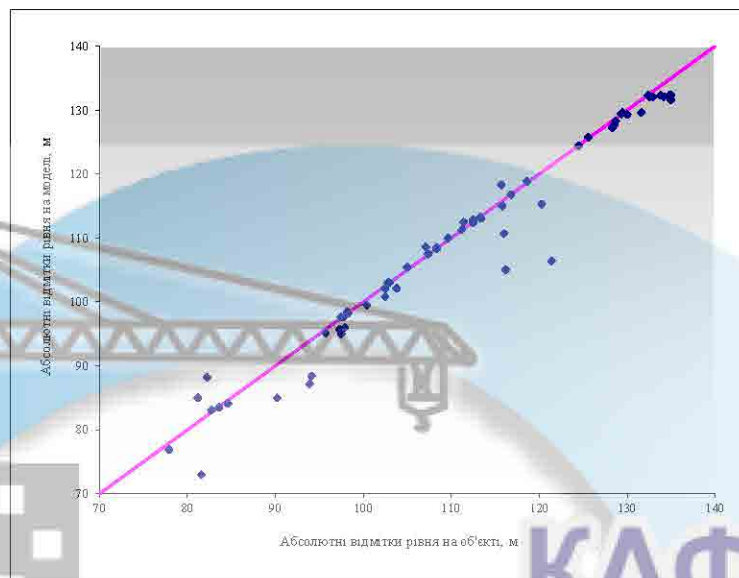


Рисунок 4.5. Збіжність рівня водоносного горизонту четвертинних відкладів на моделі і об'єкті на 1997 р.

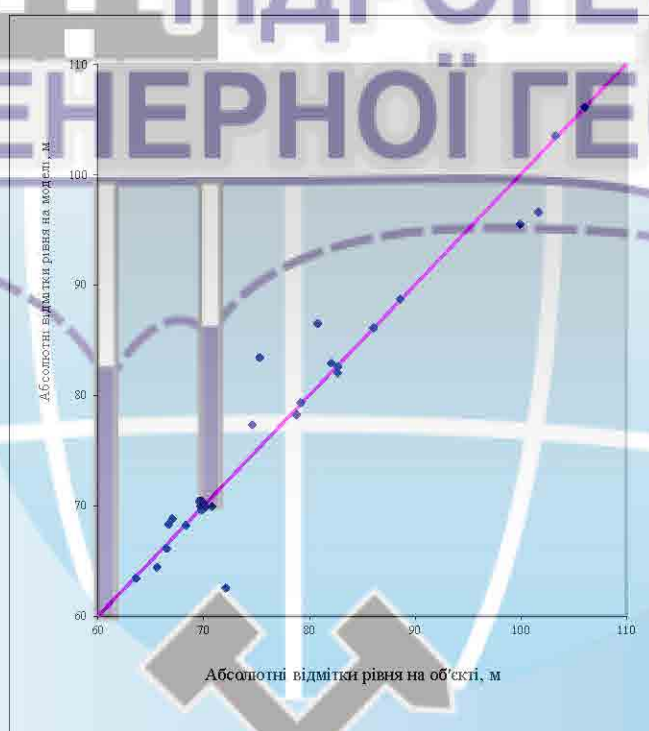


Рисунок 4.6. Збіжність рівня водоносного горизонту неогенових відкладів на моделі і об'єкті на 1997 р.

Досягти збіжності рівнів на моделі й об'єкті було неможливо без зменшення в часі параметра взаємозв'язку підземних вод з техногенним водоносним горизонтом намивних ґрунтів. Коефіцієнт фільтрації намивних ґрунтів у хвостосховищі було зменшено з 3 до 0,3 м/добу.

Результати досліджень на інших хвостосховищах Кривбасу свідчать, що намівні ґрунти в розрізі представлені шарами різної проникності, і в придонній частині вони більш щільні [52].

Таблиця 2 Сумарні витрати свердловин вертикального дренажу

Група свердловин	Витрати, м ³ /добу				
	ЦГЗК			ІГН НАНУ	На моделі
	1996р.	2000р.	2001 р.	2002 р.	2001 р.
Свердловини № 2-23 (скидання в дренажно-насосну станцію (ДНС) №5) – працюють 7 сверд.	–	89,9	92,6	54,5 (сверд. 2-7)	89
Свердловини № 25-34 – працюють 4 сверд. (скидання в ДНС № 8)	–	656,7	671,5	576 (сверд. 27-34)	641

Таблиця 3 Витрати горизонтальних дрен

Найменування дрени	Витрати, м ³ /добу				
	За даними ЦГЗК			Обстеження ІГН НАНУ / ЦГЗК	На моделі, м ³ /добу / м ³ /ч
	1996 р.	2000 р.	2001р.	2002 р.	2001 р.
Дрена № 1 (західна сторона хв-ща)	456,7	468	491,2	345,6	324/13,5
Дрена № 2 (східна ділянка)	506,4	–	716,7	0 / 518,4	294/12,3
Дрена № 2 (північна ділянка)	330,9	357,6	296,4	432	363/15,1
Дрена № 3 (на півночі хв-ща)	1263,8	1245,6	887,4	432	681/28,4
Західний приплотинний дренаж (північна сторона хв-ща поряд з аварійною місткістю)	780	648	740,8	864/600	688/28,7
Східний приплотинний дренаж (північно-східна сторона хв-ща, поряд з північною ділянкою дрени 2)	148,8	62,4	61,1	–	74/3,1
Горизонтальний дренаж (на півдні хв-ща)	–	8160		60,5	74/3,1
Дрена вдовж відвалу № 2, 1988 р.	–	1936,8	1616,9	Підтоплена / 463,3	620/25,8
Дрена в б. Завертана	403,2	590,9	499,2	172,8	236/9,8
Дрена в б. М.Лозоватка	844,8	453,4	830,9	Підтоплена / 952,8	455/18,9
Дрена в б. В.Лозоватка	2385,6	1661,9	1606,9	Підтоплена	616/25,7

За даними інституту Укрводоканалпроект (Київ, 1995 р.) коефіцієнт фільтрації хвостів у хвостосховищі Інгулецького ГЗК (ІнГЗК) зменшується з глибиною, у верхній частині його значення складають 1,6-15 м/добу, у нижній – 0,01-0,3 м/добу, що підтверджується результатами моделювання зони впливу хвостосховища ІнГЗК [53].

Підйом рівня води в Карачунівському водоймищі на 11,2 м спричинив підйом рівня підземних вод у кристалічних породах у межах всієї області фільтрації, що моделюється (Рисунок 4.7). Підйом рівня водоносного горизонту неогенових відкладів по контуру його виклинювання уздовж Карачунівського водоймища склав 2-6 м, під хвостосховищем – 0,5-3 м. Підвищення рівня підземних вод четвертинних відкладів на 0,5-3 м відбулося тільки на ділянках, що примикають до балок.

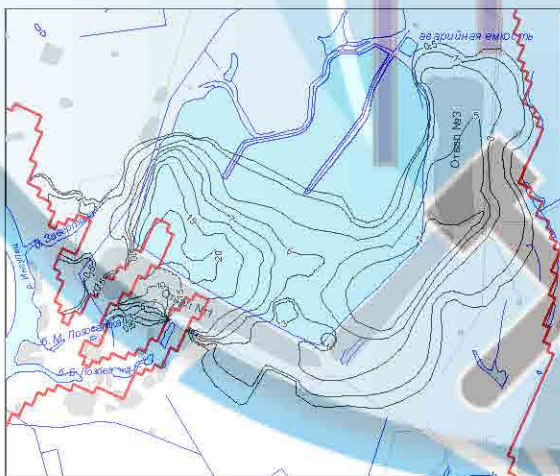


Рисунок 4.7 Підйом рівня підземних вод кристалічних порід під впливом підйому води в Карачунівському водоймищі (за результатами моделювання)

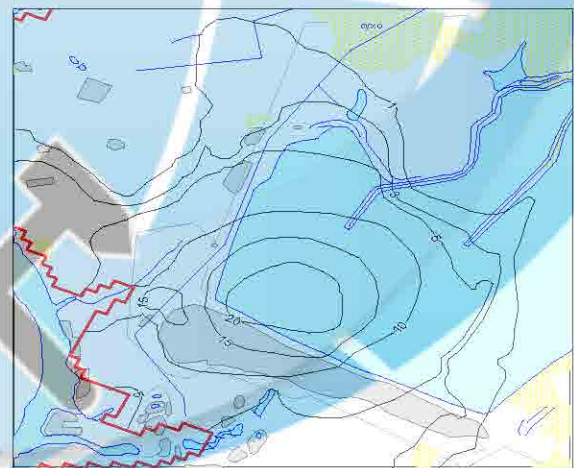
За результатами моделювання встановлено, що формування підземних вод неогенових відкладів на доексплуатаційний період (до 1961 р.) відбувалося за рахунок перетоку підземних вод з четвертинних відкладів ($6279 \text{ м}^3/\text{добу}$ – 75 %), інфільтрації атмосферних опадів і техногенних витоків на території населених пунктів і зрошуваних земель ($804 \text{ м}^3/\text{добу}$ – 10 %), припливу із суміжних територій ($696 \text{ м}^3/\text{добу}$ – 9 %), живлення за рахунок поверхневих водотоків ($480 \text{ м}^3/\text{добу}$ – 6 %).

Розвантаження здійснювалося, в основному, у водоносний горизонт кристалічних порід, що залягає нижче ($8169 \text{ м}^3/\text{добу}$ – 98 %). Підйом рівня підземних вод водоносного горизонту четвертинних відкладів під хвостосховищем склав 26 м, а на ділянках, що примикають до нього, 1-3 м (Рисунок 4.8). Під хвостосховищем рівні підземних вод неогенових відкладів і кристалічних порід до 1973 р. зросли, відповідно, на 5-25 м (Рисунок 4.9) і 4-24 м (з урахуванням підйому рівня води в Карачунівському водоймищі), а режим підземних вод перейшов із безнапірного в напірний.

На ділянках, що примикають до хвостосховища, підйом рівня підземних вод неогенових відкладів склав 1-15 м. Максимальний підйом рівня підземних вод неогенових відкладів під хвостосховищем відбувався на ділянці відсутності четвертинних відкладів у б. М. Лозоватка.



водоносний горизонт четвертинних відкладів



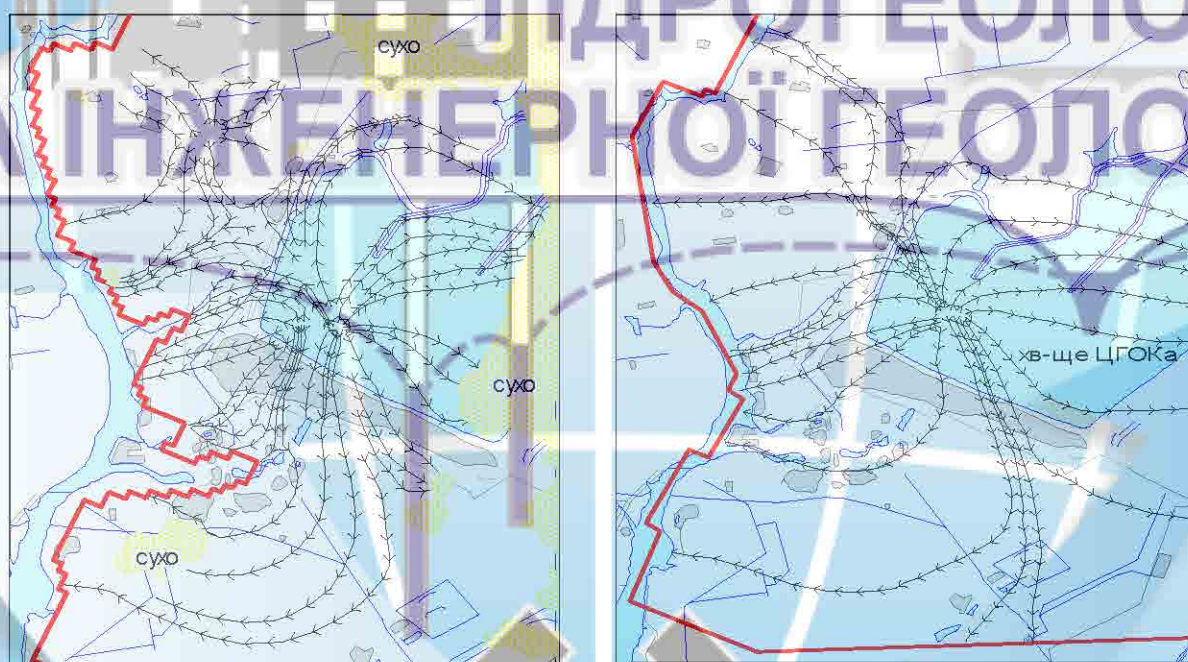
водоносний горизонт неогенових відкладів

Рисунок 4.8 Підйом рівня підземних вод на 1973 р. під впливом хвостосховища і водоймища (за результатами моделювання).

На підйом рівня підземних вод на території населених пунктів і дачних ділянок позначився вплив техногенних витоків. У балках Завертана і В. Лозова-тка скоротилася площа ділянок, на яких водоносний горизонт був сухим.

Потік підземних вод спрямований як до Карачунівського водоймища, так і до кар'єру і зон зрушення й обвалення гірських порід (Рисунок 4.10). У 1973 р. розвантаження підземних вод у Карачунівське водоймище, в порівнянні з доексплуатаційним періодом, скоротилося на 1,97 тис.м³/добу, що пов'язано з підйомом рівня води у водоймищі.

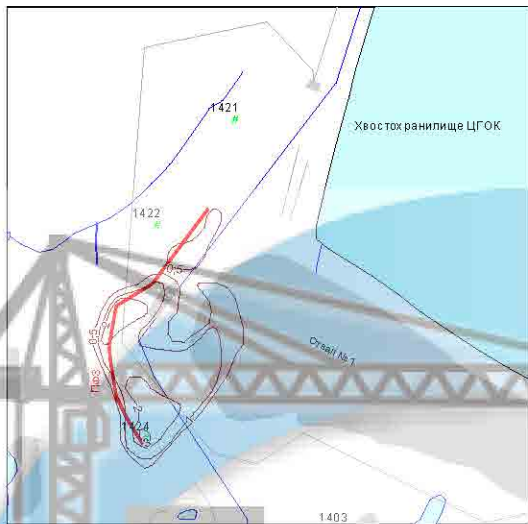
Під впливом ПФЗ додатковий максимальний підйом рівня підземних вод до 1997 р. склав: у четвертинних відкладах – 3,4 м, у неогенових відкладах – 6,5 м (Рисунок 4.8).



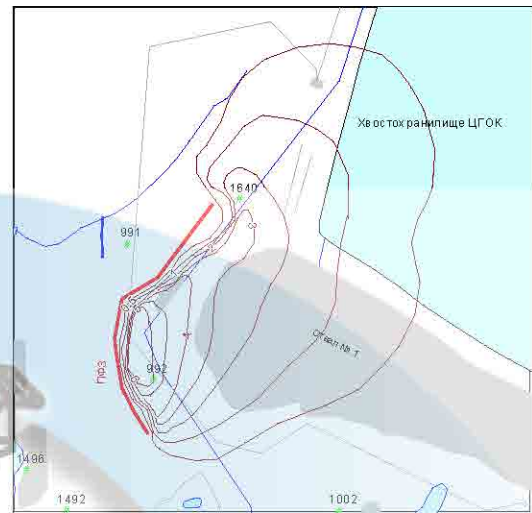
Водоносний горизонт неогенових відкладів

Водоносний горизонт кристалічних порід

Рисунок 4.9 Лінії току підземних вод за станом на 1973 р. (за результатами моделювання)



водоносний горизонт четвертинних відкладів



водоносний горизонт неогенових відкладів

Рисунок 4.10. Додатковий підйом рівня підземних вод на 1997 р. під впливом ПФЗ (за результатами моделювання)

На 2001 р. практично наступила стабілізація рівнів. Після побудови ПФЗ тіло греблі залишилось сухим, обводнення відвалу № 1 не відбулося. За результатами моделювання коефіцієнт фільтрації заповнювача ПФЗ склав 0,002 м/добу і на порядок більше проектного. До 1997 р. витрати підземних вод на формування ємнісних запасів на ділянці впливу ПФЗ призвели до скорочення розвантаження підземних вод кристалічних порід у Карачунівське водоймище між балками Завертана – Велика Лозоватка на $74 \text{ м}^3/\text{добу}$. За умови відсутності ПФЗ розвантаження до 1997 р. на цій ділянці складало би $1424 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Незначне скорочення розвантаження підземних вод кристалічних порід у Карачунівське водоймище під впливом ПФЗ свідчить, що існуюча фільтраційна завіса мало ефективна.

Вода, що фільтрується з хвостосховища в четвертинні відклади, частково переходить горизонтальними дренами і перетікає в водоносний горизонт, що залягає нижче. На ділянці між хвостосховищем і Карачунівським водоймищем відбувається змішування підземних вод неогенових відкладів з підземними водами четвертинних відкладів, а підземних вод кристалічних порід – з підземними водами неогенових відкладів. Частина потоку підземних вод неогенових

відкладів перехоплюється горизонтальними дренами, що розташовані в балках Завертана, Мала і Велика Лозоватка, і групою свердловин вертикального дренажу. Потік підземних вод кристалічних порід також частково перехоплюється свердловинами вертикального дренажу.

За траекторіями руху води уздовж ліній току і часом їх руху (Рисунок 4.11) встановлено, що з 1969 р. і по цей час фільтраційні води з хвостосховища надходять у Карачунівське водоймище по водоносному горизонту кристалічних порід тільки на ділянці між балками Завертана і В. Лозоватка.



водоносний горизонт неогенових відкладів

водоносний горизонт кристалічних порід

Рисунок 4.11 Траекторії руху часток уздовж ліній току підземних вод за період 1961- 2001 рр.

На іншій території фільтраційні води з хвостосховища ще не досягли Карачунівського водоймища. Слід зазначити, що встановлений на моделі час просування підземних вод кристалічних порід може відрізнитися від фактичного за рахунок наявності неврахованих на моделі зон підвищеної тріщинуватості.

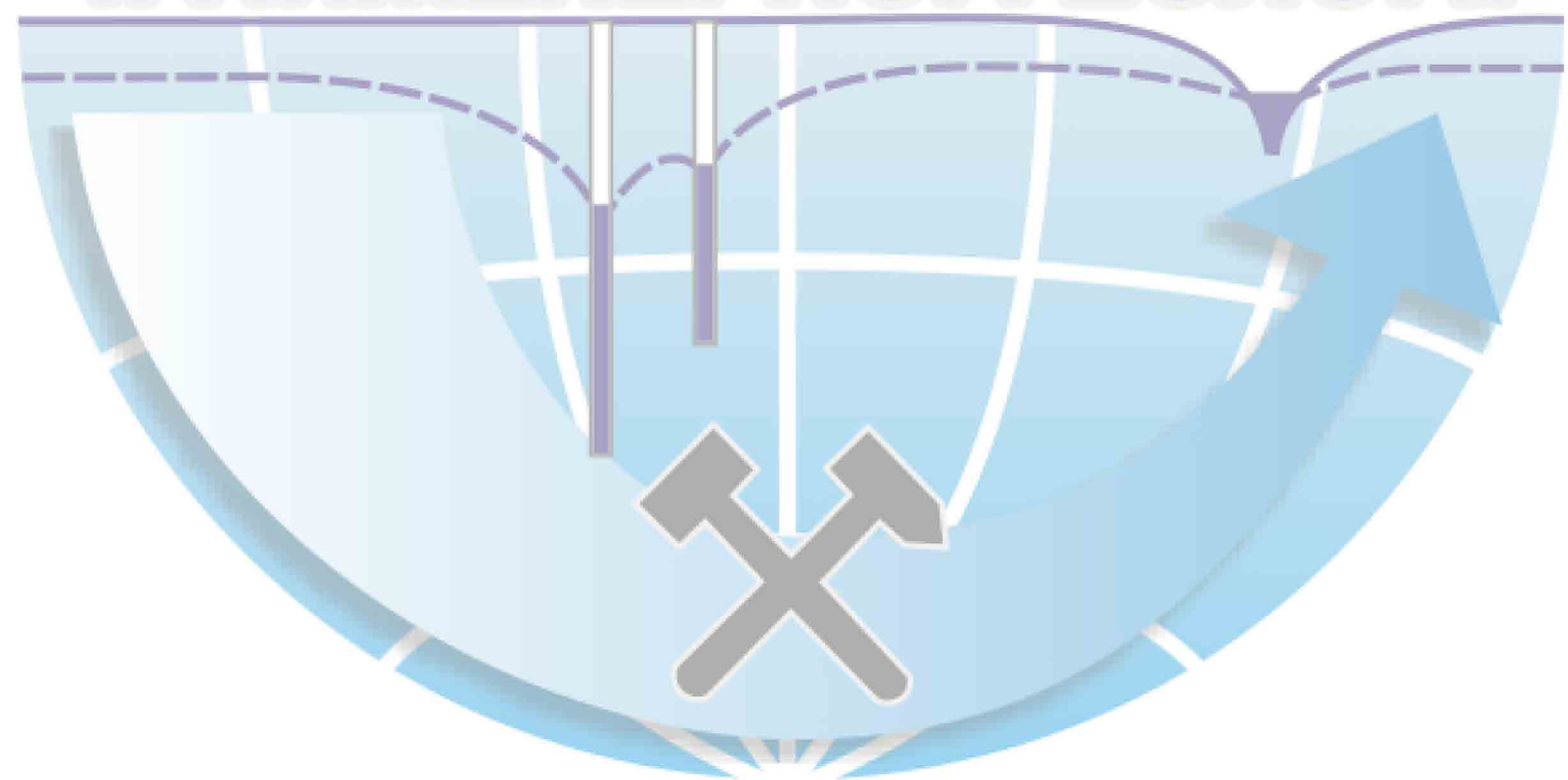
Розрахунок об'єму фільтраційних вод із хвостосховища, що розвантажуються в Карачунівське водоймище, було виконано за формулами змішування підземних вод на основі балансових складових, отриманих на моделі. За результатами розрахунку, з 0,83 млн. м³/рік фільтраційних витрат із хвостосховища, безпосередньо в Карачунівське водоймище розвантажуються 0,184 млн. м³/рік, що складає 11,9 % від загальних фільтраційних витрат. Інша частина фі-

льтраційних вод ще не досягла водоймища. Надалі ділянка розвантаження фільтраційних вод у Карачунівське водоймище може розширюватися.

За результатами моделювання уточнено умови формування підземних вод і оцінено ефективність захисних споруджень – горизонтального дренажу, свердловин вертикального дренажу і протифільтраційної завіси.

Створена математична модель відповідає сучасній вивченості об'єкта і може бути використана для подальшого прогнозування гідрогеологічних умов у зоні впливу хвостосховища ЦГЗК і може бути використана як основа для вирішення геоекологічних задач.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



5 ШЛЯХИ ТА ЗАСОБИ ПОЛПШЕННЯ СТАНУ ГІДРОЕКОСИСТЕМИ КРИВОРІЗЬКОГО БАСЕЙНУ

В останні роки в Криворізькому басейні вкрай ускладнилася водогосподарська обстановка. Різке погіршення якості підземних і поверхневих вод викликано активною діяльністю численних промислових підприємств. Видобуток і переробка залізної руди пов'язана з великими об'ємами відкачки та акумуляції високо мінералізованих підземних вод, утилізація яких у кращому випадку здійснюється лише частково, що призводить до утворення значних надлишків зворотних вод. Так, приблизно з 40 млн.м³ високо мінералізованих вод, які щорічно відкачуються з шахт та кар'єрів Кривбасу, в зворотному водопостачанні ГЗК використовується близько 30 млн.м³, водночас 21-22 млн.м³ скидається в річки Саксагань та Інгулець. Виявилось неможливим розмістити такі обсяги високо мінералізованих вод у хвостосховищах Північного, Південного і Новокриворізького ГЗК та ставку-накопичувачі балки Свистунова, через що хвостосховища поступово перетворюються на водосховища.

Зі збільшенням глибини відпрацьовування залізних руд зростає і ступінь мінералізації підземних вод. Глибше 300 м переважно поширені хлоридно-натрієві води з мінералізацією 15 г/дм³ і вище. У 2002 році середня мінералізація шахтних і стічних вод у хвостосховищі ПнГЗК складала 10 г/дм³, у хвостосховищі шахти «Гвардійська» – 3 г/дм³, у ставку-накопичувачі балки Свистунова – 33 г/дм³, в хвостосховищі ІнГЗК – 4 г/дм³.

Мінералізація води в р.Інгулець нижче Кривого Рогу і до гідрологічного поста Андріївка складає 2,0-3,5 г/дм³, досягаючи 9-10 г/дм³ під час скидань із хвостосховища ПнГЗК і ставка-накопичувача в балці Свистунова високомінералізованих вод з великим вмістом хлоридів. Внаслідок цього під загрозою опинилося водопостачання м. Миколаєва, продовжується засолення зрошуваних земель Дніпропетровської, Херсонської і Миколаївської областей, погіршився стан природної кормової бази й іхтіофауни на всьому протязі річок Саксагань і Інгулець. Природна відновлювальна здатність річкової екологічної сис-

теми давно вичерпана.

Із спадом обсягів гірничорудного виробництва, викликаним негативними явищами в економіці країни і скороченням ринків збуту, різко знизилася потреба підприємств у додатковій технічній воді. Крім того, гірничо-збагачувальні комбінати вийшли на максимальні проектні показники експлуатації хвостосховищ, що загострює проблему й зумовлює значні обсяги надлишків зворотних вод. У зв'язку з цим, а також з аварійним станом накопичувача високомінералізованих шахтних вод в балці Свистунова та відсутністю інших ємностей, придатних для їх акумуляції, виникла необхідність термінового пошуку альтернативних, екологічно безпечних варіантів поводження з надлишками зворотних вод підприємств Кривбасу.

В зв'язку з цим необхідно обґрунтувати систему заходів щодо оптимізації схеми тимчасової акумуляції і відводу шахтних і стічних вод, що має забезпечити зменшення техногенного навантаження на водні ресурси басейну річок Саксагань і Інгулець і поліпшення екологічної обстановки на території Кривбасу.

5.1. Оцінка можливості закачування шахтних вод у надра

Утилізація або ізоляція шахтних вод, що забруднюють довкілля – одна з найактуальніших екологічних проблем Кривбасу. Зараз основним способом позбавлення від шахтних вод є їх скидання у ставки-накопичувачі, створені в балках та відпрацьованих кар'єрах. У період паводка шахтні води частково скидаються в річки, що сприяє поширенню забруднень на значні відстані та площі. Тому питання про можливість захоронення високо мінералізованих вод у глибокі геологічні горизонти набуває значного наукового та практичного інтересу. Зокрема, дослідження з метою оцінки можливості закачування шахтних вод у глибокі геологічні структури Кривбасу було виконано Інститутом геологічних наук НАН України і Дніпропетровським відділенням УкрДГРІ із застосуванням методу математичного моделювання.

Результати здійсненого ДВ УкрДГРІ математичного моделювання із застосуванням сучасної комп'ютерної техніки і програмних засобів дозволяють рекомендувати як перспективну для створення полігону закачування шахтних вод одну з площ у центральній частині Кривбасу, а саме в структурі Західно-Криворізького розлому, на ділянці «Тарапак». В обґрунтуванні такого вибору суттєве значення має просторова і структурна позиція тектонічного порушення – на відстані 450-1000 і більше метрів від західного крила регіональної воронки депресії.

Нижче наводяться короткі відомості щодо параметрів водоносного горизонту кристалічних порід, отриманих при розв'язанні оберненої задачі.

Коефіцієнти фільтрації водоносного комплексу кристалічних порід: зони інтенсивної тріщинуватості (інтервал +50...-50 м) – 0,0005–0,2 м/добу вхрест простягання порід і 0,001–1,6 м/добу – за простяганням, для інтервалу глибин -50...-300 м, відповідно, 0,0001–0,2 м/добу і 0,0002–0,25 м/добу. Абсолютні відмітки рівня підземних вод зони інтенсивної тріщинуватості кристалічних порід змінюються від -50 до +75 м. У розрізі рівні (напори) підземних вод знижуються зверху вниз. На окремих найглибших ділянках ведення гірничих робіт абсолютні відмітки складають -1 300...-1 000м. Значення гравітаційної водовіддачі порід зони інтенсивної тріщинуватості складають 0,08-0,002, для інтервалу глибин з абсолютними відмітками -50...-300 м – 0,008-0,0002. Склад шахтних вод, які пропонується закачувати, близький до пластово-тріщинних (мінералізація 25-80 г/дм³).

Водоносний горизонт зони інтенсивної тріщинуватості відокремлений від водоносного комплексу осадової товщі, що залягає вище, глинами, каолінами та жорствою кристалічних порід. На окремих ділянках ці горизонти об'єднуються.

Робочим пластом-колектором на полігоні закачування шахтних вод обрано зону інтенсивної тріщинуватості кристалічних порід в інтервалі глибин з абсолютними відмітками +50...-50м та товщу кристалічних порід, що залягає нижче цієї зони, в інтервалі -50...-300м.

Закачування моделювалося з витратами 100, 500 і 1 000 м³/добу по черзі. За результатами моделювання підйом рівня води в розрахункових блоках після закачування шахтних вод протягом трьох років при різних витратах і в різні інтервали глибин водоносного комплексу кристалічних порід складав від 3,2 до 104 м.

Закачування води з витратами 100 м³/добу в розлом у зону інтенсивної тріщинуватості протягом трьох років призведе до підйому рівня підземних вод на 7,2-20,4 м, радіус впливу 500-800 м. Закачування тієї самої тривалості з витратою 500 м³/добу в інтервал з абсолютними відмітками -50...-300 м призведе до підйому рівня підземних вод на 150-300 м і витікання води на поверхню, радіус впливу – 750-1 300 м.

Надалі дослідження з метою обґрунтування можливості захоронення високо мінералізованих шахтних вод Кривбасу в надра мають включати структурно-геодинамічне картування зон підвищеної тріщинуватості в межах Криворізько-Кременчуцького розлому, дослідні роботи для уточнення гідрогеологічних параметрів і визначення приймальності свердловин та оцінку впливу тривалого закачування на геологічне середовище методом моделювання.

5.2 Акумуляція та водовідведення шахтних вод Кривбасу

Знешкодження шахтних вод шляхом їх утилізації або демінералізації потребує значних матеріальних, енергетичних і фінансових витрат. Крім того, ці процеси, як правило, породжують нові екологічні проблеми: утворення надмірної кількості вилучених солей, необхідність створення нових полігонів для поховання в глибокі геологічні структури тощо. І, що найголовніше, при цьому не вирішується повністю проблема надлишку зворотних вод, тобто необхідність позбавлення від них шляхом скидання і у подальшому буде зберігатись, надаючи цьому процесу характеру технологічного, з щорічним уточненням лише обсягів скидів, показників вмісту забруднюючих речовин та кількості води, потрібної для розбавлення високомінералізованих шахтних вод

Розрахунки альтернативних варіантів відведення шахтних вод проводилися за даними: скид північної групи шахт – 6,2 млн.м³ із загальною мінералізацією 27,3 г/дм³, скид південної групи шахт – 14,6 млн.м³ з мінералізацією 39,9 г/дм³.

При розрахунках приймалися обмеження:

- середня мінералізація води в р.Інгулець під час скидання шахтних вод не повинна перевищувати 9 г/дм³, хлориди – 4,5 г/дм³;
- для роботи в звичайному режимі Інгулецької зрошувальної системи в період вегетації водність р.Інгулець не повинна перевищувати 5-6 м³/с, а середня мінералізація води – фонового значення (2,9 г/дм³).

Довгострокове прогнозування зміни хімічного складу поверхневих вод з урахуванням динаміки розвитку галузей виробництва ґрунтується на розрахунку змішування і розбавлення шахтних та стічних вод з річковими. Прогнози складаються для конкретних створів річок, розташованих нижче найпотужніших джерел забруднення.

Прогнозування зміни хімічного складу поверхневих вод у зв'язку зі скиданням і регулюванням випуску стічних вод у залежності від витрат та з урахуванням гранично припустимого скидання (ГПС).

Найбільший вплив на хімічне забруднення води р.Інгулець у межах території Кривбасу за рахунок скидання стічних і шахтних вод гірничорудних підприємств справляють р. Саксагань, канал КМК та ставок-накопичувач балки Свистунова.

Розбавлення шахтних вод відбувається при заданій величині мінімальних місячних витрат води для року 95 % забезпеченості стоку на створах: р. Саксагань – с.Сергіївка 0,3 м³/с; спуски із Кресівського та Дзержинського водосховищ по 2,04 м³/с; р. Інгулець – скид з Карачунівського водосховища – 2,0 м³/с; канал КМК – 2,0 м³/с; Південні очисні споруди – 0,2 м³/с.

Мінералізація води в Карачунівському водосховищі складала 1,35 г/м³.

Розглядали наступні варіанти відведення та розбавлення шахтних вод з урахуванням надходження господарсько-побутових стоків: перекидання шахт-

них вод північної групи шахт із хвостосховища ПнГЗК протягом року по р. Базавлук у Каховське водосховище, скидання у період жовтень – березень шахтних вод з балки Свистунова в р. Інгулець і далі по балці Верьовчина в Дніпро (за умови реконструкції каналу в балці Верьовчина), розбавлення шахтних вод, які скинуті у р. Інгулець, доочищеними стічними водами Криворізьких очисних споруд і водою Карачунівського водосховища.

За підсумками проведених досліджень та розрахунків доцільно докладніше розглянути чотири варіанти.

За першим з них передбачається відведення шахтних вод північної групи шахт загальним об'ємом 6,2 млн.м³ з мінералізацією 27,3 г/дм³ протягом усього року у відповідний канал Криворізьких очисних споруд (КОС), що подає воду за існуючою схемою у річки Кам'янка і Базавлук. Розрахунки наведено в таблиці 4, де: Q – витрати; T – період розрахунку; W – об'єм води; M – мінералізація; C – загальна кількість солей.

Таблиця 4 Скидання шахтних вод Північної групи до р. Базавлук

Водні та водогосподарські об'єкти	Q, м ³ /с	T, 10 ³ днів	W, млн.м ³	M, г/дм ³	C, т
<i>Січень – грудень (95% забезпеченість стоку)</i>					
Північна група шахт	0,20	31,54	6,174	27,32	168874
Криворізькі очисні споруди (КОС)	3,27	31,54	103	0,80	82400
р. Кам'янка	0,14	31,54	4,38	2,68	11651
р. Базавлук	0,40	31,54	12,60	2,50	31500
Σ	3,87		121,8	2,32	282574
<i>Січень – грудень (95% забезпеченість стоку)</i>					
Північна група шахт (крім ш. Першотравнева)	0,16	31,54	5,13	31,99	164237
Криворізькі КОС	3,27	31,54	103,00	0,80	82400
р. Кам'янка	0,14	31,54	4,38	2,68	11651
р. Базавлук	0,40	31,54	12,60	2,50	31500
Σ	3,83		120,7	2,30	278137

Розбавлення здійснюється доочищеними водами КОС. З урахуванням води шахти «Першотравнева» (W=1,0 млн.м³, M=4,2 г/дм³) мінералізація води в р. Базавлук при розбавленні стічними водами КОС (W = 103,0 млн.м³, M = 0,8 г/дм³) складе у роки 95 % забезпеченості стоку 2,32 г/дм³, а без урахування шахти «Першотравнева» – 2,30 г/дм³.

Схему відведення і результати розрахунків розбавлення шахтних вод за першим варіантом представлено на рис. 5.1.

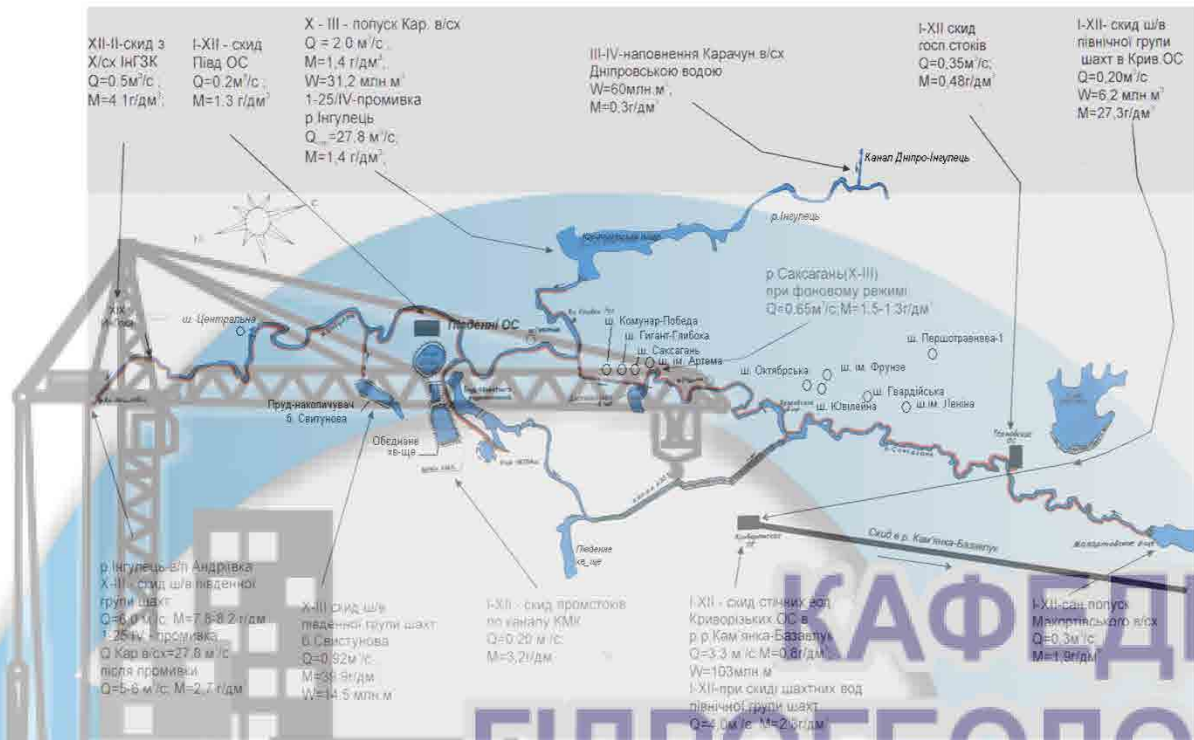


Рис. 5.1 Схема гідролого-гідрохімічного обґрунтування поліпшення якості р. Інгулець

До р. Інгулець у міжвегетатійний період (жовтень – березень) будуть скидатися води південної групи шахт із ставка-накопичувача в балці Свистунова ($W=14,6\text{ млн. м}^3$, $Q=0,92\text{ м}^3/\text{с}$, $M=39,9\text{ г/дм}^3$).

До р. Інгулець у міжвегетатійний період (жовтень – березень) будуть скидатися води південної групи шахт із ставка-накопичувача в балці Свистунова ($W=14,6\text{ млн. м}^3$, $Q=0,92\text{ м}^3/\text{с}$, $M=39,9\text{ г/дм}^3$).

Розбавлення здійснюється водою р. Саксагань ($Q=0,65\text{ м}^3/\text{с}$, $M=1,3\text{ г/дм}^3$), стічними водами Південних очисних споруд ($Q=0,20\text{ м}^3/\text{с}$, $M=1,3\text{ г/дм}^3$), промисловими стоками каналу КМК ($Q=2,0\text{ м}^3/\text{с}$, $M=3,2\text{ г/дм}^3$), стічними водами з хвостосховища ІнГЗК ($W=4,0\text{ млн. м}^3$, $Q=0,53\text{ м}^3/\text{с}$, $M=4,1\text{ г/дм}^3$). Розрахунок мінералізації води в р. Інгулець за період скидання шахтних вод виконувався по місячних інтервалах. При скиданні з Карачунівського водосховища в жовтні-березні з витратами $2,0\text{ м}^3/\text{с}$, прогнозоване значення мінералізації коливатиметься від $8,1$ до $7,8\text{ г/дм}^3$ при витраті $6,0\text{ м}^3/\text{с}$, а після промивання становитиме $2,8\text{ г/дм}^3$ при середніх витратах $5\text{ м}^3/\text{с}$.

За другим варіантом скидання всіх шахтних вод ($W=20,8\text{ млн. м}^3$; $Q=1,6$

$\text{м}^3/\text{с}$, $M=36,14 \text{ г/дм}^3$) у р. Інгулець проводиться в міжвегетаційний період (жовтень-березень). Попуск води з Карачунівського водосховища складає $2,0 \text{ м}^3/\text{с}$. Крім того, розбавлення здійснюється санітарним попуском з Макортівського водосховища ($Q=0,30 \text{ м}^3/\text{с}$, $M=1,9 \text{ г/дм}^3$), очищеними стічними водами Тернівських очисних споруд ($Q=0,35 \text{ м}^3/\text{с}$, $M=0,48 \text{ г/дм}^3$), водою з Південного водосховища ($W=23,7 \text{ млн.м}^3$; $Q=1,5 \text{ м}^3/\text{с}$; $M=0,43 \text{ г/дм}^3$), скиданням з Південних очисних споруд ($Q=0,20 \text{ м}^3/\text{с}$, $M=1,3 \text{ г/дм}^3$), промисловими стічними водами каналу КМК ($Q=2,0 \text{ м}^3/\text{с}$, $M=3,2 \text{ г/дм}^3$) і ІнГЗК (протягом грудня – лютого $Q=0,51 \text{ м}^3/\text{с}$, $M=4,1 \text{ г/дм}^3$).

З урахуванням розбавлення доочищеними стічними водами Тернівських очисних споруд і подачею води з Південного водосховища мінералізація води в гирлі р. Саксагань зменшиться до $0,7 \text{ г/дм}^3$. При цьому під час скидання шахтних вод мінералізація води в р. Інгулець біля водпосту Андріївка коливатиметься від $8,3$ до $8,6 \text{ г/дм}^3$, а після промивання з Карачунівського водосховища складатиме $3,2 \text{ г/дм}^3$ при витратах $5-6 \text{ м}^3/\text{с}$. У разі здійснення цього варіанту необхідно технічне рішення щодо відводу вод північної групи шахт до балки Свистунова.

Четвертий варіант передбачає скидання шахтних вод протягом року. Води північної групи шахт ($W=6,2 \text{ млн.м}^3$; $Q=0,20 \text{ м}^3/\text{с}$, $M=27,3 \text{ г/дм}^3$) скидаються в р. Саксагань, а південної ($W=14,6 \text{ млн.м}^3$; $Q=0,46 \text{ м}^3/\text{с}$, $M=39,9 \text{ г/дм}^3$) – у р. Інгулець. Розбавлення води в р. Саксагань при скиданні шахтних вод здійснюється очищеними стічними водами Тернівських очисних споруд ($Q=0,35 \text{ м}^3/\text{с}$; $M=0,48 \text{ г/дм}^3$) і санітарним попуском з Макортівського водосховища ($Q=0,30 \text{ м}^3/\text{с}$, $M=1,9 \text{ г/дм}^3$). Розрахункова мінералізація води в Саксагані складе $3,2-6,8 \text{ г/дм}^3$ при витратах $0,85 \text{ м}^3/\text{с}$.

Отже, до р. Інгулець протягом року надходитиме вода Саксагані в середньому об'ємі $0,85 \text{ м}^3/\text{с}$ і з мінералізацією, що поступово збільшуватиметься від $3,2 \text{ г/дм}^3$ у січні до $6,8 \text{ г/дм}^3$ у грудні. При цьому розбавлення води в р. Інгулець при скиданні з південної групи шахт здійснюватиметься попуском з Карачунівського водосховища ($Q=2,0 \text{ м}^3/\text{с}$, $M=1,4 \text{ г/дм}^3$), промисловими стічними водами

каналу КМК ($Q=2,0\text{ м}^3/\text{с}$, $M=3,2\text{ г}/\text{дм}^3$) та ІнГЗК ($Q=0,13\text{ м}^3/\text{с}$, $M=4,1\text{ г}/\text{дм}^3$). За даним варіантом на виході з Кривбасу мінералізація води в р. Інгулець складе $5,5\text{-}6,0\text{ г}/\text{дм}^3$, а витрати – $5,6\text{ м}^3/\text{с}$.

Необхідною умовою реалізації цього варіанту є забезпечення роботи Інгулецької зрошувальної системи в звичайному режимі у вегетаційний період (травень – вересень), для чого буде потрібно відводити біля $3\text{-}4\text{ м}^3/\text{с}$ інгулецької води у балку Верьовчина. Натурним обстеженням цієї балки було встановлено, що внаслідок господарського освоєння (житлова забудова, влаштування мостових переходів тощо) її пропускна здатність знизилася практично на всьому протязі (Миколаївська і Херсонська області) до $2\text{-}15\text{ м}^3/\text{с}$ замість $22\text{ м}^3/\text{с}$, спричинивши значне погіршення екологічної обстановки на Інгулецькій зрошувальній системі. Таким чином, четвертий варіант відведення шахтних вод Кривбасу вимагає приведення русла балки Верьовчина до проектного режиму шляхом реконструкції каналу в цій балці, що дозволить також поліпшити гідрохімічний стан Інгулецької зрошувальної системи та екологічну обстановку в цілому.

З урахуванням організаційно-технічних, економічних та екологічних характеристик певні переваги мають перший, другий та третій варіанти, при яких скидання шахтних вод здійснюється в міжвегетаційний період з наступним промиванням русла р. Інгулець дніпровською водою; під час скидання мінералізація води Інгульця складатиме $6,1\text{-}8,6\text{ г}/\text{дм}^3$ при витратах $8\text{-}10\text{ м}^3/\text{с}$; після промивання на виході з Кривбасу – $2,7\text{-}3,0\text{ г}/\text{дм}^3$ при витратах біля $5\text{-}6\text{ м}^3/\text{с}$.

5.3 Комплексна програма екологічного оздоровлення басейну річок Інгулець та Саксагань

Розробку „Комплексної програми екологічного оздоровлення басейну річок Інгулець та Саксагань” було організовано Міністерством промислової політики України на виконання доручення Кабінету Міністрів України.

Проведені дослідження стану гідроекосистеми Кривбасу доводять, що його погіршення є результатом не лише скидів надлишків високо мінералізова-

них вод гірничорудних підприємств, а й докорінних змін, яких зазнала після 50-60 рр. минулого сторіччя уся водогосподарська система басейну у зв'язку зі зміною схеми водокористування та спорудженням каскадів водосховищ як на р. Інгулець, так і на її найбільшій притоці – р. Саксагань. Саме створення цих водосховищ, більшість з яких функціонує в режимі багаторічного регулювання, призвело до того, що весь природний стік акумулюється у верхній частині басейну, а обов'язкові санітарні попуски з цих водосховищ через значний дефіцит водних ресурсів у всьому басейні р. Інгулець майже відсутні.

Суспільна актуальність і доцільність розробки програми визначаються такими факторами, що р. Інгулець відіграє важливу роль у водозабезпеченні значного за територією і промисловим потенціалом регіону України, надмірне антропогенне навантаження порушило природну рівновагу, різко знизило якість водноресурсного потенціалу та спричинило кризовий екологічний стан багатьох територій у басейні Інгульця.

Для досягнення основної мети програми передбачається розробити і реалізувати проекти та заходи за такими пріоритетними напрямками, як охорона поверхневих і підземних вод від забруднення, удосконалення водозабезпечення населення якісною питною водою, корекції нормативно-правової бази збору обов'язкових платежів за забруднення водних об'єктів та їх цільового використання на відновлення водних ресурсів у відповідності до басейнового принципу, а також інші проекти для благоустрою населення.

Взаємопов'язані комплекси заходів за пріоритетними напрямками переслідують такі цілі, як зменшення антропогенного навантаження на водні об'єкти басейну річок Інгулець і Саксагань, і забезпечення екологічно стійкого функціонування кожного водного об'єкту як елемента природного середовища із збереженням властивості самовідновлення водних екосистем.

ВИСНОВОК

Криворіжжя є одним з найбільш техногенно навантажених регіонів України, де основний вплив гірничо рудних об'єктів проявляється в змінах гідрогеологічного і гідрохімічного режиму підземних та поверхневих вод.

У зв'язку з цим, в дипломній роботі розглянута актуальна наукова і практична задача оцінки гідродинамічних і геохімічних процесів Криворізького басейну з розробкою рекомендацій щодо поліпшення стану гідро екосистеми.

Аналіз вітчизняного та світового досвіду вивчення техногенезу гірничо рудного профілю свідчить про наявність гідрогеоекологічної проблеми в регіонах як при експлуатації, так і при закритті шахт і кар'єрів.

В складних природних геолого-гідрогеологічних умовах техногенне навантаження налічує понад 75 промислових підприємств, серед яких найпотужнішими як за обсягами виробництва, так і за впливом на довкілля є: 5 гірничозбагачувальних комбінатів (ГЗК), 9 кар'єрів відкритого видобутку залізних руд, 7 діючих шахт і 4 шахти, що перебувають виключно в режимі гідрозахисту, Криворізький металургійний комбінат (КМК), коксохімічний комбінат, цементно-гірничий завод, завод гірничого обладнання та ін.

Підземна розробка рудних родовищ докорінно змінила обрис поверхні землі, гідродинамічний і гідрохімічний режим підземних і поверхневих вод.

Одним з найсучасніших методів прогнозування гідрогеологічних змін в складних і багатофакторних природно-техногенних системах є чисельне моделювання геофільтраційних процесів. Проте додаткового обґрунтування потребує методика моделювання геофільтрації в умовах шахтних і кар'єрних полів, впливу шламосховищ і ставків-накопичувачів.

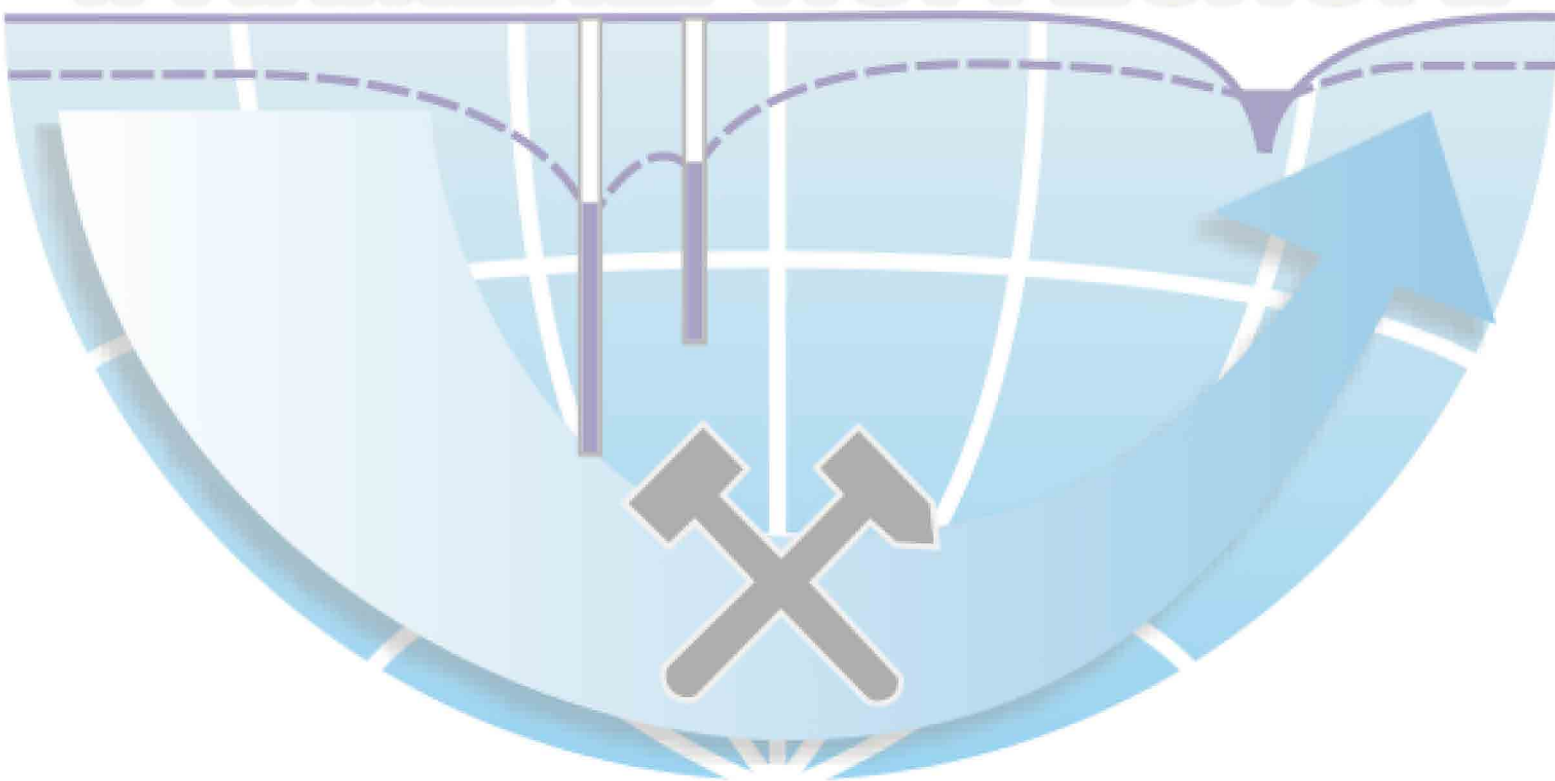
На моделі хвостосховища Центрального гірничо-збагачувального комбінату відтворено техногенний водоносний горизонт намивних ґрунтів та три водоносних горизонти, представлених четвертинними, неогеновими (осадова товща) і архей-протерозойськими (кристалічні породи) відкладами.

За результатами рішення обернених задач визначені фільтраційні втрати з хвостосховища, що перехоплюються горизонтальними дренами, закладеними по контуру хвостосховища, а також вертикальним дренажем у вигляді лінійного ряду свердловин.

Оцінка ефективності роботи протифільтраційної завіси (ПФЗ) довжиною 1480 м і глибиною 16-25 м показала про незначне скорочення розвантаження підземних вод кристалічних порід у Карачунівське водоймище. Це свідчить про її низьку ефективність.

Зменшення техногенного навантаження на водні ресурси басейну річок Саксагань та Інгулець і поліпшення екологічної обстановки на території Кривбасу можливо шляхом обґрунтування системи заходів щодо оптимізації схеми тимчасової акумуляції і відводу шахтних і стічних вод.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Плотников Н.И. Техногенні зміни гідрогеологічних умов.- М : Недра, 1989. 268 с.
2. Мироненко В.А., Мольский Е.В., Румынин В.Г. Горнопромышленная гидрогеология. Учебник для вузов. М. : Недра, 1989. 287 с.
3. Абдрахманов Р.Ф. Техногенез в підземній гідросфері Предуралья. - Уфа: Уфимський НЦ РАН. 1993. 208 с.
4. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. - М.: Высш. Шк. 1988. 328 с.
5. Елохина С.Н. Техноприродные опасности на затопленных рудниках Урала // Изв. ВУЗов «Горный журнал». - 2005. № 3. С. 120-127.
6. Славиковский О.В., Славиковская Ю.О. Эколого-экономическая оценка технологии очистной выемки при подземной технологии // Изв. ВУЗов. «Горный журнал». - 2007. № 1. С. 8–11.
7. Wolkersdorfer C. Water management at abandoned flooded underground mines. Fundamentals. Tracer tests. Modelling. Water treatment. Springer, 2008. 465 p.
8. Mine Water Hydrogeology and Geochemistry. Edited by Younger P.L., Robins N.S. Geological Society, London, Special Publications № 198. Published by The Geological Society, 2002. 405 p.
9. Mine closure and post-mining management. International state-the-art 2008. International Commission on Mine Closure. International Society for Rock Mechanics. ISRM, 2008. 164 p.
10. Соловьянов А.А. Прошлый (накопленный) экологический ущерб: проблемы и решения. 2. Опыт США // Экологический вестник России. 2015. № 4. С. 36-43.
11. Соловьянов А.А. Прошлый (накопленный) экологический ущерб: проблемы и решения. 3. Опыт стран Западной Европы // Экологический вестник России. 2015. № 5. С. 18-27.

12. Тюленев М.А., Мельхерс К., Кречман Ю., Герке-Малетт П., Кляйнеберг К. Элементы и аспекты постэксплуатационного периода горных предприятий // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2015. № 6 (112). С. 3-13.
13. Дребенштедт К. Рекультивация земель после добычи полезных ископаемых. Лекция, прочитанная в НИТУ МИСиС (МГТУ), 29.09.2014. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=YgXUnYclJXw>.
14. Дребенштедт К. Закрытие горных предприятий в Германии. Лекция, прочитанная в НИТУ МИСиС (МГТУ), 29.09.2014. URL: <http://www.coolreferat.com/видео/view484425>.
15. Younger P.L. Possible Environmental Impact of the Closure of two Collieries in County Durham. London. Water Environ. Management. 1993. № 7 (5). P.521–531.
16. Fifth Five-Year Review for Iron Mountain Mine Superfund Site Redding, California. US EPA. San Francisco. 2013. 252 p.
17. Technical Evaluation of the Gold King Mine Incident San Juan County, Colorado. Peer reviewed by: U.S. Geological Survey, U.S. Army Corps of Engineers U.S. Department of the Interior. Bureau of Reclamation. Technical Service Center. Denver, Colorado. October 2015. 132 p.
18. Имайкин А.К. Оценка и прогноз гидрогеологических условий территории Кизеловского угольного бассейна после закрытия шахт: автореферат дис. ... канд. геол.-мин. наук. Пермь. 2005. 20 с.
19. Максимович Н.Г., Черемных Н.В., Хайрулина Е.А. Экологические последствия ликвидации Кизеловского угольного бассейна // Географический вестник. 2006. N 2. С.128-134.
20. Мирошниченко С.А. Источники формирования железа в поверхностных водах реки Камы в пределах Пермского края // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2011. № 6. С. 69-82.

21. Юмаев М.М. Налоговое стимулирование инвестиций в разработку техногенных месторождений минерального сырья // Финансы. 2014. № 8. С. 33-37.
22. Wobus C., Maest A., Prucha B., Albert D. Potential Hydrologic and Water Quality Alteration from Large Scale Mining of the Pebble Deposit in Bristol Bay, Alaska: Results from an Integrated Hydrologic Model of a Preliminary Mine Design. Review Draft. Prepared for The Nature Conservancy, Anchorage, AK. 2012. 86 p
23. EPA Administrator Scott Pruitt Suspends Withdrawal of Proposed Determination in Bristol Bay Watershed, Will Solicit Additional Comments. 01/26/2018. URL: <https://www.epa.gov/newsreleases/epa-administrator-scott-pruitt-suspends-withdrawal-proposed-determination-bristol-bay>.
24. Питаленко Е.И., Артеменко П.Г., Педченко С.В., Ягмур А.Б. Время затопления шахт: прогноз и факт // Наукові праці УкрНДМІ НАН України, Transactions of UkrNDMI NAN Ukraine. 2007. № 1. С. 165-172.
25. Ягунова О.А. Исследование гидро-, газо-, геохимических процессов в техногенном массиве и выработанном пространстве ликвидируемых шахт Кузбасса: автореферат дис. ... канд. техн. наук. Кемерово, 2010. 20 с.
26. Норватов Ю.А., Петрова И.Б. Методическое руководство по прогнозу гидрогеологических условий ликвидации угольных шахт и обоснованию мероприятий, обеспечивающих предотвращение негативных экологических последствий. СПб. : ВНИМИ, 2008. 79с.
27. Шестаков В.М. Гидрогеодинамика. М.: Изд-во МГУ, 1995. 368 с.
28. Яковлев В.Л., Бурькин С.И., Стахеев Н.Л. Основы стратегии освоения минеральных ресурсов Урала. Екатеринбург : ИГД УрО РАН, 1999. 279 с.
29. Корнилов С.В., Рыбникова Л.С., Рыбников П.А. Концепция геоинформационной системы «Комплексное освоение природных и техногенных ресурсов Урала» // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2013. №8. С. 93-99.

30. Елохина С.Н. Геоэкологические проблемы затопленных рудников Урала / Под ред. О.Н. Грязнова. Екатеринбург : ООО «УИПЦ», 2013. 187с.
31. Nordstrom D.K., Bowell R.J., Campbell K.M., Alpers C.N. Challenges in Recovering Resources from Acid Mine Drainage // Mine Water and Circular Economy. IMWA 2017. Wolkersdorfer C., Sartz L, Sillanpää M., Hakkinen A. (Editors). Lappeenranta, Finland. 2017. P. 595-602.
32. Чантурия В.А., Макаров В.Н., Макаров Д.В. Экологические и технологические проблемы переработки техногенного сульфидсодержащего сырья. Апатиты: КНЦ, 2005. 227 с.
33. Черный М.Л. Сорбционное извлечение редкоземельных и цветных металлов из шахтных вод и пульпы: автореферат дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург : «Уральский государственный технический университет - УПИ», 2005. 24 с.
34. Шадрунова И.В., Орехова Н.Н. Извлечение цветных металлов из гидроминеральных ресурсов: теория и практика. М. : Изд-во ИШКОН РАН, 2009. 215 с.
35. Никонов В.Н., Белая Л.Н., Яруллина И.Н. Промышленные стоки горно-обогатительных комбинатов Башкирского Зауралья как экологическая проблема и гидроминеральное сырье цветных металлов // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: материалы XIII междунар. конф. (Москва (Россия) - Грузия (Тбилиси) 15-21 сентября 2014 г.) / под ред. А.Е. Воробьева, Т.Н. Чекушиной. Москва: РУДН, 2014. С. 35–37.
36. Орехова Н.Н., Шадрунова И.В. Образование и комплексная переработка природно-техногенных вод при эксплуатации медно-цинковоколчеданных месторождений. Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 185 с.

37. Чупрова Л.В. Актуальность вопроса переработки гидротехногенных месторождений горных предприятий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 11-5. С. 943-945.
38. Плюсин А.М. Основы геоэкологической безопасности при разработке рудных месторождений // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых материалы годичной сессии Научного совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии в рамках Года экологии в России. Научный совет РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии. 2017. С. 261-266.
39. Мерзликина Ю.Б., Прохорова Н.Б. Платежи за сброс загрязняющих веществ как инструмент регулирования деятельности по охране водных объектов от негативного воздействия производственно-хозяйственных комплексов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2013. № 6. С. 74-86.
40. Прохоров С.П., Качугин Е.Г. Гидрогеологические исследования при разведке месторождений. М.: Госгеолиздат, 1955. 232 с.
41. Костылева Н.В., Микишева В.И., Сорокина Т.В. Экологический ущерб: вопросы, вопросы... // Географический вестник. 2010. № 1. <http://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskii-uscherb-voprosy-voprosy#ixzz3Wc8NbrJO>.
42. Кондрашкин А.В., Кузовков С.В. Рудник и родник. Технологические подходы к очистке карьерных и подотвальных вод при добыче руд цветных металлов // Инженерная защита. 2015. №7. С. 58-63.
43. Abandoned mines and the water environment. Science Report. Environment Agency, Bristol. URL www.environment-agency.gov.uk. 2008. 40 p.
44. Iron Mountain Mine. Success through planning, partnership, and perseverance. Abandoned mine lands case study. US EPA. March 07, 2006. 17 p.
45. Попов А.Н., Почечун В.А., Семячков А.И. Инновационные технологии защиты водных объектов в горнопромышленных районах / под

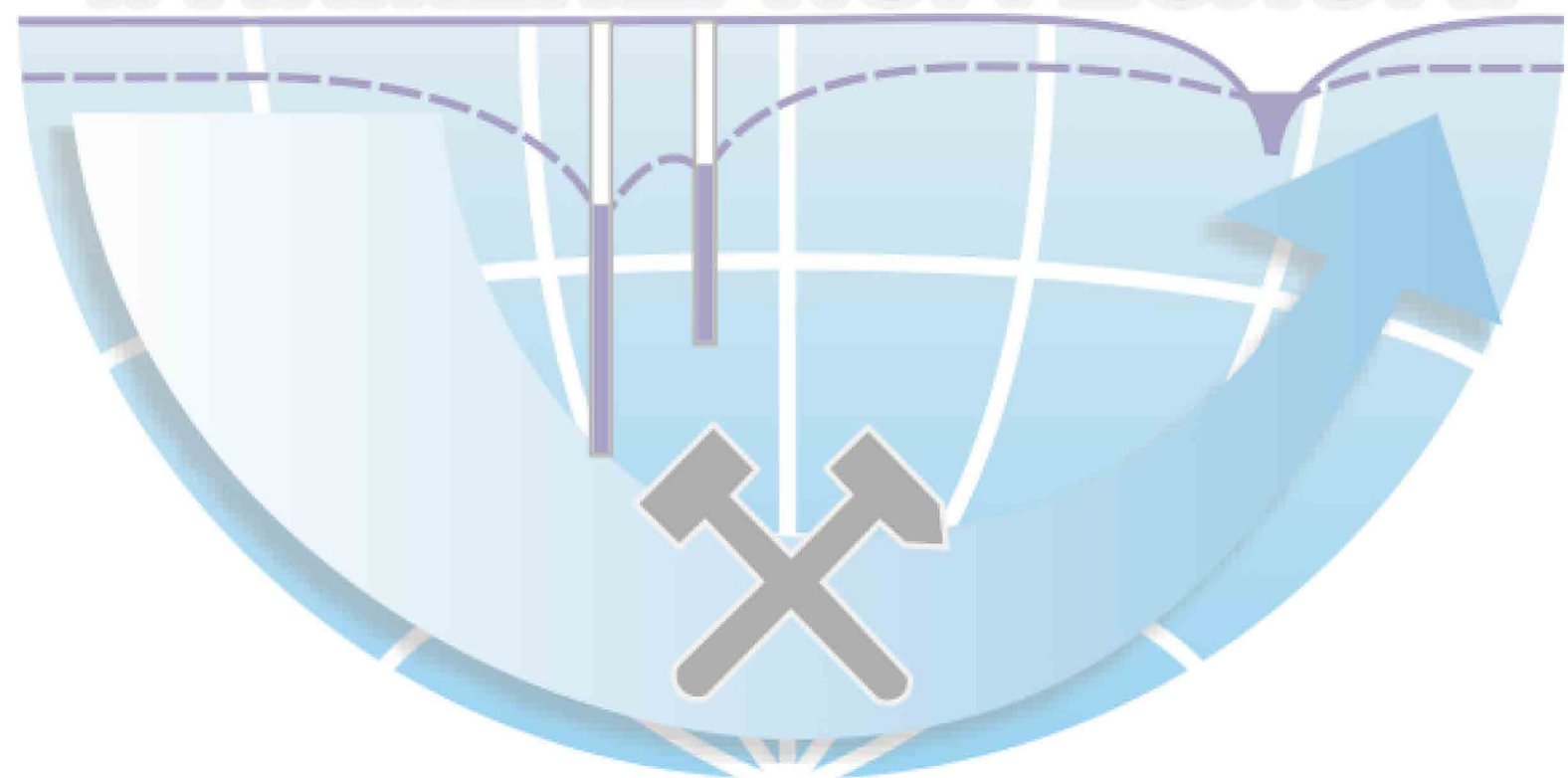
редакцией профессора А.И. Семячкова. Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2009. 128 с.

46. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства. М.: Министерство природных ресурсов, 2009. Утв. приказом Минприроды России от 13 апреля 2009 г. N 87. Зарегистрировано в Минюсте РФ 25 мая 2009 г., регистрационный N 13989.
47. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B7%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B1%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%B9%D0%BD
48. Геологічна будова та сучасні геолого-економічні й екологічні ГЗБ умови видобутку і переробки залізних руд Криворізько-Кременчуцької зони / С.О Довгий, М.М. Коржнев (ред.), О.М. Трофимчук та ін.; НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Ніка-Центр, 2017. – 208 с
49. Бабушкин В.Д., Галещин М.С., Предко А.Г., Башмакова Л.М. Отчет по теме «Разработка методики гидрогеологических исследований глубоких горизонтов железорудных месторождений Кривбасса, базирующейся на комплексировании геофизических методов и пластоиспытаний». - Кривой Рог. - Москва, 1976 г.
50. Бабушкин В.Д., Селиховкин В.И. Отчет по теме №155-70д: «Разработка и усовершенствование технических средств и методики гидрогеологических и инженерно - геологических исследований и прогнозов в связи с доразведкой железных руд Кривбасса на глубоких горизонтах до 1500 м». - Москва , 1972 г.
51. Звіт : «Геолого-гідрогеологічні роботи (2007-2010; геологічне завдання). ВСТАНОВЛЕННЯ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА

ВТОРИННЕ ОБВОДНЕННЯ ПРОДУКТИВНИХ ТОВЦІ ГІРНИЧОВИ-ДОБУВНИХ ТОВЦІ КРИВБАСУ

52. Никитин В.В., Месхи Н.Ж. Инженерно-геологическое обеспечение реконструкции хвостового хозяйства на Северном горно-обогатительном комбинате // Геология и разведка, № 8, 1991. – С. 115-117.
53. Багрій І.Д., Блінов П.В., Білокопитова Н.А. та ін. Геоекологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі. – К.: Фенікс, 2002. – С. 113-126.
54. Bennet G.D., Kontis A.L., Larson S.P. Representation of Multiaquifer. Well Effects in Three-Dimensional Ground-Water Flow Simulation // Ground Water, 1982, v.20, no.3 pp.334-341.

КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ



Відзив

наукового керівника на кваліфікаційну роботу ступеня магістра НТУ «Дніпровська політехніка» спеціальності 103 «Науки про Землю» (освітня програма «Гідрогеологія»), студента гр. 103м-19-2 Перця А.А. «Гідродинаміка і гідрохімія гідросфери Криворізького басейну та заходи щодо її врегулювання на основі чисельних моделей»»

Зв'язок завдання на кваліфікаційну роботу з об'єктом діяльності магістра. Завдання на кваліфікаційну роботу безпосередньо пов'язано з об'єктом вивчення магістра за спеціальністю 103 «Науки про Землю» (освітня програма «Гідрогеологія») – дослідження гідродинамічного та гідрохімічного режиму підземних вод в умовах техногенного навантаження об'єктами гірничорудного профілю.

Актуальність. Криворізький залізорудний басейн належить до гірничопромислових регіонів України з критичним станом довкілля внаслідок ведення відкритих і підземних гірничих робіт, накопичення значних обсягів твердих і рідких продуктів збагачення залізних руд. При цьому найбільших негативних змін екологічного стану зазнають водні ресурси, які є основним джерелом промислового, сільськогосподарського та комунального водопостачання.

Відповідність змісту стандартам вищої освіти та дескрипторам НРК. Робота складається зі вступу, п'ятьох розділів, висновку, списку використаних джерел та текстових додатків. Зміст роботи відповідає стандартам вищої освіти та дескрипторам НРК.

Ступінь самостійності виконання. Студент Перець А.А. виконав кваліфікаційну роботу самостійно за допомогою консультацій керівника.

Застосування ПЕОМ, реальність, комплексність. Чисельні розрахунки в роботі виконані з використанням ПЕОМ для реального об'єкту, що має геолого-гідрогеологічні особливості і специфічне техногенне навантаження.

Якість оформлення. Робота написана методично грамотно, оформлена відповідно до сучасних вимог.

Недоліки. В роботі бракує обґрунтувань граничних та початкових умов ділянки досліджень, деталізації інформації щодо балансових складових геофільтраційної моделі.

Комплексна оцінка. Кваліфікаційна робота відповідає вимогам до рівня вищої освіти за НРК та компетентностям освітньої програми «Гідрогеологія» і заслуговує на оцінку «відмінно», а її автор Перець А.А. – присвоєння їй кваліфікації магістр за спеціальністю «Науки про Землю» (освітня програма «Гідрогеологія»).

Науковий керівник
к.т.н, доц.

Загриценко А.М

Рецензія

на кваліфікаційну роботу ступеня магістр НТУ «Дніпровська політехніка»

НТУ «Дніпровська політехніка» за освітньо-професійною програмою «Гідрогеологія» студента гр. 103м-19-2 Перця Андрія Андрійовича «Гідродинаміка і гідрохімія гідросфери Криворізького басейну та заходи щодо її врегулювання на основі чисельних моделей»

Експлуатація та закриття шахт в гірничопромислових районах супроводжується гідрогеологічними, гідрохімічними та екологічними проблемами, що визначає актуальність теми кваліфікаційної роботи студента Перця А.А.

Представлена робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел. У першому розділі виконано аналіз вітчизняного та світового досвіду вивчення техногенезу гірничо-рудного профілю та басейну Кривбасу. У другому розділі надана характеристика природних геолого-гідрогеологічних умов та техногенних змін басейну. Особливості методики чисельного моделювання гідрогеологічної обстановки Кривбасу обґрунтовані в третьому розділі. У четвертому розділі створено модель хвостосховища Центрального гірничо-збагачувального комбінату для переоцінки фільтраційних втрат із хвостосховища та величини розвантаження фільтраційних вод у Карачунівське водоймище. П'ятий розділ присвячений розробці рекомендацій щодо шляхів поліпшення стану гідроекосистеми Криворізького басейну.

Кваліфікаційна робота написана методично грамотно, має практичну цінність та відповідає вимогам до рівня вищої освіти за НРК та компетентностям освітньої програми «Гідрогеологія» і заслуговує оцінки «відмінно», а її автор Перець А.А. – присвоєння йому кваліфікації магістр за спеціальністю 103 «Науки про Землю».

Рецензент:

доцент кафедри геології та розвідки
родовищ корисних копалин, к.г.н.

Сливна О.В

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи магістра

студента (ки) групи 103м-19-2

(шифр групи)

Перця Андрія Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Назва роботи: «Гідродинаміка і гідрохімія гідросфери Криворізького Басейну та заходи щодо її врегулювання на основі чисельних моделей»

Науковий керівник доц. Загриценко А.М.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

Plagiat.pl «StrikePlagiarism»	Unichек	
	Оригінальність	75
Схожість	25	

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховання недобросовісних запозичень.

Науковий керівник

доц. Загриценко А.М.

Нормо контролер

доц. Дерев'ягіна Н.І

Зав. кафедри

проф. Рудаков Д.В.

(дата)