

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

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

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

Студентки Серпіченко Єлизавети Сергіївни
(ПІБ)

академічної групи 103-18-2
(шифр)

Спеціальності 103 Науки про Землю
(код і назва спеціальності)

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

на тему: «Геолого-гідрологічна структура Донбасу за факторами моніторингу і формування гідродинамічного режиму в умовах затоплення шахт та різної контрольованості регіону»

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

Дніпро
2022

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

гідрогеології та інженерної геології

(повна назва)

Рудаков Д.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ступеню бакалавра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студентки Серпиченко Єлизавети Сергіївни академічної групи 103-18-2

(прізвище та ініціали)

(шифр)

спеціальності 103 "Науки про Землю"

за освітньо-професійною програмою «Геологія» блок «Гідрогеологія»

на тему «Геолого-гідрогеологічна структура Донбасу за факторами

моніторингу і формування гідродинамічного режиму в умовах затоплення

шахт та різної контрольованості регіону» затверджену наказом ректора НТУ

«Дніпровська політехніка» №203-с від 15.04.2022

| Розділ | Зміст | Термін виконання |
|-------------|--|---------------------------|
| Загальний | Охарактеризовані природно-техногенні умови Донецького басейну, виділені регіональні особливості та вплив вугледобувних робіт на основні річкові басейни Донбасу | 2.05.2022- 17.05.2022 |
| Спеціальний | Систематизовані дані щодо закономірностей формування шахтних водопритоків, проведена типізація та районування території вуглевидобувного регіону. Оцінена гідродинамічна ситуація в умовах затоплення шахт на сході України, представлені результати моніторингових досліджень поверхневих вод і донних відкладень річок, підземних вод. Обґрунтована методика чисельного геофільтраційного моделювання шахтних полів та розрахункова схема групи шахт Західного Донбасу | 18.05.2022- 15.06.2022 |

Завдання видано

(підпис керівника)

Загриценко А.М.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

02.05.2022

Дата подання до екзаменаційної комісії

15.06.2022

Прийнято до виконання

(підпис студента)

Серпиченко Є.С.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 88 с., 37 рис., 8 табл., 22 джерела.

Об'єкт досліджень – гідродинамічні процеси, що супроводжують формування техногенного режиму підземних вод регіону Донбасу.

Предмет досліджень – гідродинамічні параметри руху підземних вод на території Донбасу, що потребує відновлення водообміну, екологічної реновації з урахуванням режиму контрольованості суміжних територій.

Метою роботи є аналіз геолого-гідрологічної структури Донбасу за факторами моніторингу і формування гідродинамічного режиму в умовах затоплення шахт та різної контрольованості регіону.

У вступі викладено проблему закриття шахт в умовах їх неконтрольованого затоплення та загострення гідроекологічних проблем, визначені мета та завдання досліджень.

В загальній частині охарактеризовані природно-техногенні умови Донецького басейну, виділені регіональні особливості та вплив вугледобувних робіт на основні річкові басейни Донбасу.

В основній частині систематизовані дані щодо закономірностей формування шахтних водопритоків, наведена типізація території вугледобувного регіону за умовами формування шахтних водопритоків, виділені гідрологічні райони. Оцінена гідродинамічна ситуація в умовах затоплення шахт на сході України, представлені результати моніторингових досліджень поверхневих вод і донних відкладень річок, підземних вод. Обґрунтована методика чисельного геофільтраційного моделювання шахтних полів та розрахункова схема групи шахт Західного Донбасу.

Ключові слова: РІЧКОВИЙ БАСЕЙН, МОНІТОРИНГ, ВОДОПРИТОК В ГІРНИЧІ ВИРОБКИ, ТИПІЗАЦІЯ ТА РАЙОНУВАННЯ, ЗАТОПЛЕННЯ ШАХТ, МЕТОДИКА МОДЕЛЮВАННЯ, СХЕМАТИЗАЦІЯ

ЗМІСТ

| | Стор. |
|---|-------|
| ВСТУП | 6 |
| 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННО-ПОРУШЕНИХ УМОВ ДОНЕЦЬКОГО БАСЕЙНУ ... | 7 |
| 1.1 Регіональна характеристика геологічних умов Донбасу | 8 |
| 1.2 Гідрографічна мережа регіону | 9 |
| 1.3 Особливості гідрогеологічних умов району досліджень | 13 |
| 2 ТИПІЗАЦІЯ І РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ДОНБАСУ ЗА УМОВАМИ ФОРМУВАННЯ ШАХТНИХ ВОДОПРИТОКІВ | 19 |
| 2.1 Загальні закономірності формування шахтних водопритоків | 19 |
| 2.2 Типізація вугільних родовищ за умовами формування шахтних водопритоків | 24 |
| 2.3 Гідрогеологічне районування території Донецького басейну | 29 |
| 3 ОЦІНКА ГІДРОДИНАМІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В УМОВАХ ЗАКРИТТЯ І ЗАТОПЛЕННЯ ШАХТ НА ТЕРИТОРІЯХ РІЗНОЇ КОНТРОЛЬОВАНОСТІ | 36 |
| 3.1 Аналіз режиму затоплення шахт на сході України | 37 |
| 3.2 Результати моніторингових досліджень поверхневих вод та донних відкладів водосховищ | 41 |
| 3.3 Моніторинг підземних вод в межах Донецької та Луганської областей | 44 |
| 4 МЕТОД МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОФІЛЬТРАЦІЇ ЯК СКЛADOVA МОНІТОРИНГУ ЗА РЕЖИМОМ ЗАТОПЛЕННЯ ШАХТ | 48 |
| 4.1 Особливості створення регіональних моделей гірничовидобувних регіонів | 48 |
| 4.2 Методика моделювання геофільтрації на території гірничопромислових районів Донбасу | 52 |
| 4.2.1 Відображення шаруватої системи гірських порід | 53 |
| 4.2.2 Моделювання фільтраційних процесів в умовах затоплення шахт | 59 |
| 4.2.3 Моделювання гірничих виробок шахт | 60 |
| 4.3 Створення математичної моделі східної групи шахт Західного Донбасу | 62 |
| 4.3.1 Систематизація контрольних даних для рішення задач ідентифікації | 65 |

| | |
|---|----|
| 4.3.2 Обґрунтування розрахункової гідродинамічної схеми | 70 |
| ВИСНОВКИ | 81 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 83 |
| Додаток А Відгук керівника | 86 |
| Додаток Б Відгук рецензента | 87 |
| Додаток В Довідка про перевірку на плагіат | 88 |



КАФЕДРА ГІДРОГЕОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

ВСТУП

Досвід закриття вугільних шахт у Німеччині, Великобританії, США, Польщі та інших країнах ґрунтується на продовженні використання водовідливного режиму та забезпеченні відповідного технічного стану опорних шахт. Натомість в Україні закриття шахти означає майже повне припинення будь-якої господарської діяльності, в тому числі припинення водовідливу з подальшими негативними екологічними наслідками. Особливо небезпечна ситуація наразі склалася в Донбасі. В умовах, коли контроль над режимом затоплення багатьох шахт втрачено і відбувається некероване затоплення гірничих виробок, є гостра необхідність прогнозування негативних екологічних наслідків цього процесу та обґрунтування протидії їх поширенню.

У зв'язку з цим *метою роботи* є аналіз геолого-гідрогеологічної структури Донбасу за факторами моніторингу і формування гідродинамічного режиму в умовах затоплення шахт та різної контрольованості регіону.

Для реалізації мети поставлені та вирішені наступні *задачі*:

- характеристика природно-техногенних умов та особливостей Донецького басейну;
- типізація та районування території Донбасу за умовами формування шахтних водопритоків;
- оцінка гідродинамічної ситуації в умовах затоплення шахт на сході України;
- обґрунтування методики чисельного геофільтраційного моделювання шахтних полів та розрахункової схеми шахтних полів

Об'єкт дослідження – гідродинамічні процеси, що супроводжують формування техногенного режиму підземних вод регіону Донбасу.

Предмет досліджень – гідродинамічні параметри руху підземних вод на території Донбасу, що потребує відновлення водообміну, екологічної реновації з урахуванням режиму контрольованості суміжних територій.

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННО-ПОРУШЕНИХ УМОВ ДОНЕЦЬКОГО БАСЕЙНУ

Донецький басейн України в межах вуглепромислового освоєння охоплює площу близько 15 тис. км² на територіях Донецької, Луганської та Дніпропетровської областей (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Адміністративне положення Донецького кам'яновугільного басейну

За 200-річний період розвитку вугільної промисловості на Донбасі найбільш інтенсивніше освоєння вугільних ресурсів відбувалося впродовж останніх 50 років, коли глибина шахт досягла 800-1500 м. З надр було вийнято 20 млрд т порід, у тому числі 15 млрд т вугілля. На площі 8 тис. км² поверхня землі просіла в середньому на 1,5-2 м, деформації зазнали 600 км³ породного масиву. З 2014 року в найбільшому в світі вуглевидобувному регіоні з високою щільністю потенційно небезпечних об'єктів йде військовий конфлікт. Його площа складає близько 20 тис. км² (станом до 23.02.2022).

За оцінками експертів [1, 2], в умовах ведення бойових дій найбільшу загрозу для безпеки життєдіяльності населення і можливості відновлення виробництва становить відключення водовідливу і вентиляції шахт Донбасу. Нині зі 150 вугільних шахт 115 перебувають на окупованих територіях; повністю зруйновано 7 вугледобувних шахт Донбасу, ще 63 працюють у режимі відкачування води. Працюючими є лише 24 шахти.

З 90 шахт, підпорядкованих Міністерству енергетики та вугільної промисловості України, лише 35 знаходяться на контрольованій Україною території, тоді як інші 55 (у тому числі шахти, що видобувають вугілля антрацитової групи) перебувають на території Донецької та Луганської областей. Із 35 контрольованих Україною шахт близько 10 працюють у режимі підтримання життєдіяльності [1, 2].

1.1 Регіональна характеристика геологічних умов Донбасу

Геолого-гідрогеологічні умови регіону Донбасу достатньо повно описані в опублікованій літературі та фондових матеріалах. У зв'язку з цим у розділі приводяться тільки ті особливості геологічної будови басейну та його гідрогеологічних умов, які пов'язані з переважаючим впливом на геологічне середовище гірничих (вугледобувних) робіт, іншої господарчої діяльності та військових дій АТО.

Природні та техногенно-порушені умови у вугледобувних районах Донбасу на сучасному етапі функціонування гірничодобувних районів, промислово-міських агломерацій мають певні особливості, які переважно формуються під впливом факторів затоплення численних шахт.

До особливостей *природних умов* території Донбасу відносяться [3]:

1) геолого-структурні: різноманітність форм та розмірів складчастих структур басейну (по формі це синклінальні та антиклінальні споруди від лінійних до брахіскладок із заляганням порід від горизонтального до майже вертикального); приналежність шахт до певних геоморфологічних елементів та ступінь розчленування рельєфу; анізотропність кам'яновугільних відкладів у просторі і часі;

2) гідрогеологічні: залежність площ підземних прісних та слабомінералізованих вод від простягання порід та перешарування проникних та слабопроникних порід, що складають водоносні горизонти кам'яновугільних відкладів; скорочення кількості їх ділянок та площ з початком процесу затоплення нерентабельних шахт та кар'єрів.

До особливостей *техногенно-порушених умов* Донбасу можна віднести:

1) способи і систему розробки родовищ кам'яного вугілля: наявність складної системи гірничих виробок на великих глибинах; обвалення їх покрівлі; розширення фронту робіт у плані; тривалість експлуатації шахт;

2) гідрогеодинамічні: просторовий і несталий характер руху підземних вод в межах діючих і закритих шахт; наявність регіональних депресійних воронок, що поширюються далеко за межі шахтних полів, і локальних, що переміщуються разом з очисними виробками шахт; посилення інфільтраційного живлення атмосферними опадами над шахтними полями за рахунок зростання тріщинуватості після обрушення покрівлі над відпрацьованими очисними спорудами; збільшення проникності порід у зонах обрушення над покрівлею гірничих виробок; поглинання поверхневих вод і проникнення їх у гірничі виробки на ділянках порушених гірських масивів під водотоками та водоймищами;

3) інженерно-геологічні: формування мульд просідання земної поверхні над шахтними полями (величина просідання часом досягає 3-4 м), в яких утворились ділянки підтоплених і заболочених земель; ущільнення порід через деякий час після їх обвалення (в залежності від літологічного складу і ступеня метаморфізму кам'яновугільних відкладів); гідростатичне стискання ґрунтів під час формування депресійних воронок; щільне цивільно-промислове навантаження над більшістю вугледобувних комплексів з додатковим техногенним живленням ґрунтових вод.

1.2 Гідрографічна мережа регіону

Загальний ресурс поверхневих вод Донбасу формується басейнами річок Дніпра, Сіверського Дінця та малих річок Приазов'я (рис. 1.2).

У природних умовах основне живлення річки Донбасу отримують за рахунок атмосферних опадів і, перш за все, за рахунок весіннього танення снігів, яке забезпечує 40-80 % їх стоку. Живлення з підземних вод є значним лише в межах Донецького кряжу, де за рахунок глибокого врізу долини річок дренують водоносні горизонти у кам'яновугільних і покривних відкладах.

Досить значну роль у живленні річкового стоку відіграють дренажні (шахтні) води. Загальна кількість скидів цих вод у поверхневі водотоки за станом на 1995 р. складала біля 25 м³/с, а на сучасний період за розрахунками авторів [3] – 24,2 м³/с або 87,0 тис.м³/год (табл. 1.1).

Слід зазначити, що промислові об'єкти, розташовані у Донбасі, скидають в річки близько 70 м³/с (252 м³/год) стічних вод. При цьому для житлово-побутового і промислового використання з річок забирається відповідно біля 39 м³/с (140 м³/год).

Таблиця 1.1 – Вплив вугледобувних робіт на основні річкові басейни Донбасу (станом на 2012-2013 рр.)

| Річкові басейни Донбасу (першого порядку) | | Обсяги скиду шахтних вод, тис. м ³ /год | Видобуток вугілля, млн. т/рік | Всього шахт з водовідливом (діючих/закритих) | Модуль скиду шахтних вод, м ³ /год на км ² |
|---|----------|--|-------------------------------|--|--|
| Басейн р. Дніпро-Самара | | 14,70 | 18,17 | 31/4 | 0,8 |
| Басейн р. Сіверський Донець | | 30,18 | 18,09 | 65/29 | 1,1 |
| Річки Приазов'я | Кальміус | 11,63 | 6,04 | 18/9 | 1,7 |
| | Міус | 30,46 | 9,67 | 69/18 | 1,8 |
| Загалом по Донбасу | | 86,97 | 51,96 | 183/61 | 1,3 |

УкрДГРІ
2005

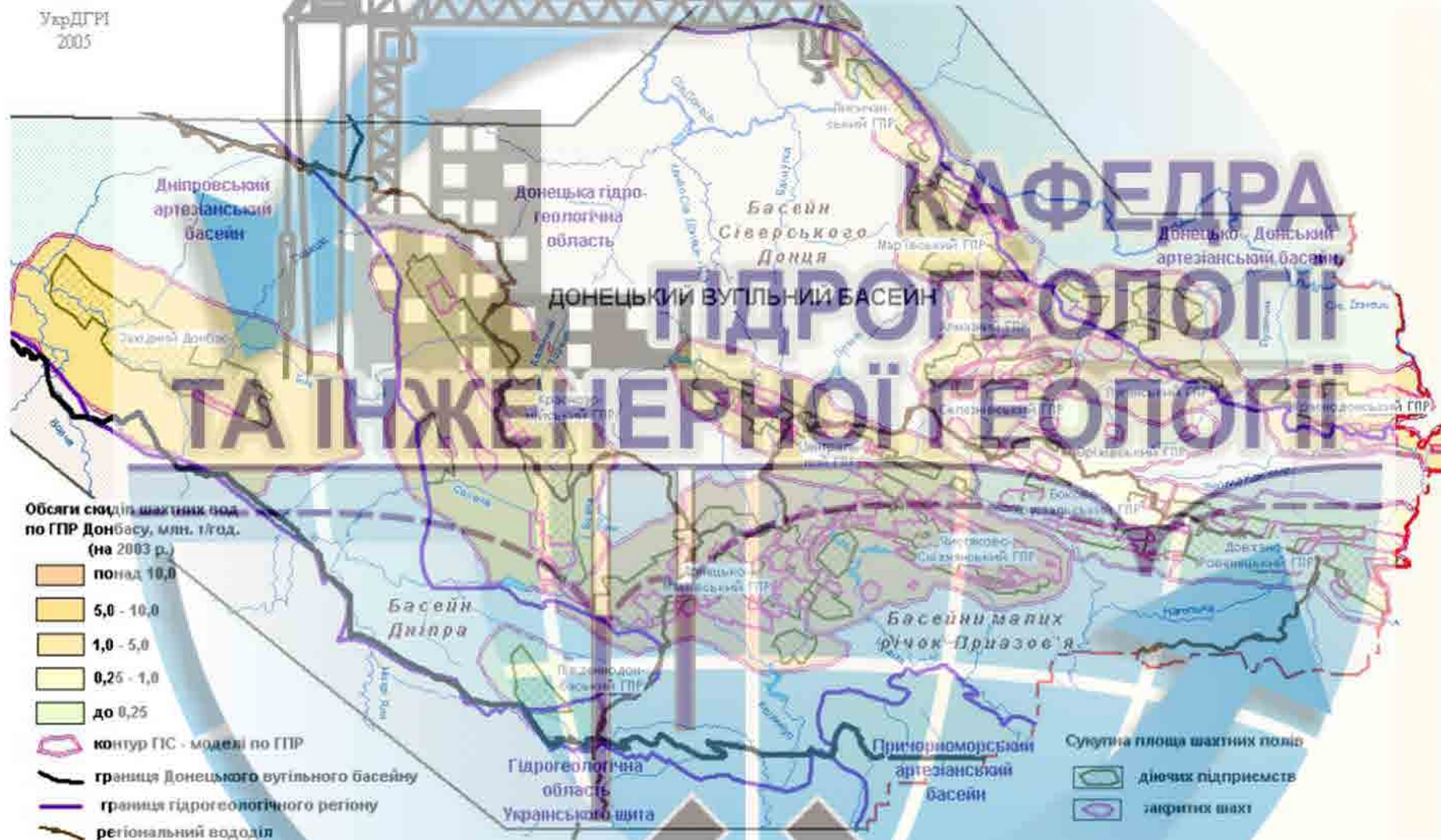


Рисунок 1.2 – Площі річкових басейнів Донбасу та об'єми скиду шахтних вод

Басейн Сіверського Дінця в межах України (рис. 1.3) становить 55% від загальної площі водозбору, має розгалужену гідрографічну мережу з 290 річок понад 10 км довжиною й вирізняється вираженою лівосторонньою асиметрією: лівобережна частина басейну займає 68%, правобережна – 32% його загальної площі. Однією з характерних ознак басейну Сіверського Дінця в межах України є нерівномірність розподілу стоку на тлі значної щільності населення та скупченості промисловості в басейнах правих приток: річок Уди (Харківська область), Казенний Торець та Кривий Торець, Бахмутка (Донецька область), Верхня Біленька та Лугань (Луганська область).

З другої половини 2014 р. територія басейну р. Сіверський Донець зазнала змін у межах Донецької та Луганської областей. Загалом на контрольованій урядом України території, включно з незмінною в межах Харківської області, лишається 87% площі водозбору, або 47,5 тис. км² та 539 км русла річки із загальної довжини по Україні 723 км. Межі річкового басейну Сіверського Дінця в Донецькій області проходять по території

Лиманського, Слов'янського, Костянтинівського, Бахмутського, Ясинуватського, Покровського, Добропільського, Олександрівського районів, а також міст Горлівка, Авдіївка, Торецьк Донецької області.

Авдіївка, Торецьк, Горлівка, частина Ясинуватського, Бахмутського районів у басейнах річок Кривий Торець та Бахмутка (Бахмут) знаходяться на непідконтрольній уряду України території (станом на 23.02.2022). З гідрографічної точки зору, в «сірій» зоні, в «зоні зіткнення» та на території, непідконтрольній уряду України, перебуває лінія вододілу між басейном Сіверського Дінця та річками Приазов'я, на якій відбувається формування поверхневого стоку приток Сіверського Дінця (витоки річок, численні балки) в Донецькій області та від якої залежить напрямок поширення забруднення в разі можливого (непередбачуваного) пошкодження інженерної інфраструктури в зоні контактної лінії як на контрольованій території, так і на території, що непідконтрольна уряду України.



Рисунок 1.3 – Басейни Сіверського Дінця, Нижнього Дону та контактна лінія

1.3 Особливості гідрогеологічних умов району досліджень

У Донецькому вугільному басейні розташовані Донецька (Центральна частина), Луганська (Східна частина) і Дніпропетровська області (Західний Донбас), в межах яких знаходяться 20 гірничопромислових районів. Основою для виділення границь гірничопромислових районів покладені геолого-структурні особливості та границі виробничих об'єднань (рис. 1.4).

Територія Донбасу поділяється на “відкритий” Донбас, де відклади карбону виходять безпосередньо на денну поверхню, або перекриті надкарбовими відкладами потужністю до 50м на окремих ділянках, і “закритий” Донбас, де по всій площі над карбоном залягають мезокайнозойські відклади потужністю більш 50м. Водонасні горизонти басейну належать до четвертинних, неоген-палеогенових, верхньокрейдяних, пермських, тріасових і нижньо кам'яновугільних відкладів. Межі “відкритості” Донбасу та розповсюдження водонасних горизонтів наведені на рис. 1.5, 1.6.



КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

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

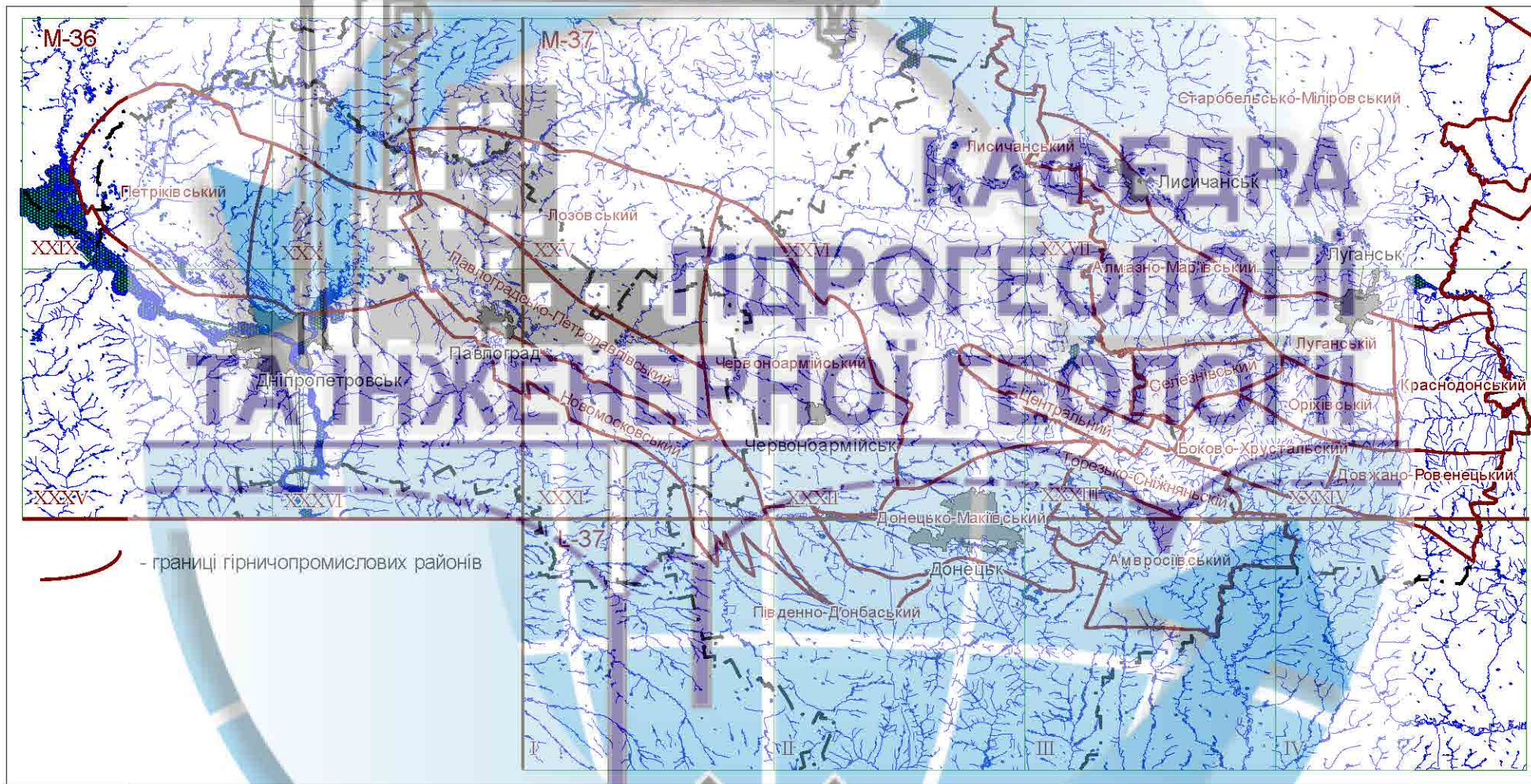


Рисунок 1.4 – Границі гірничопромислових районів Донбасу

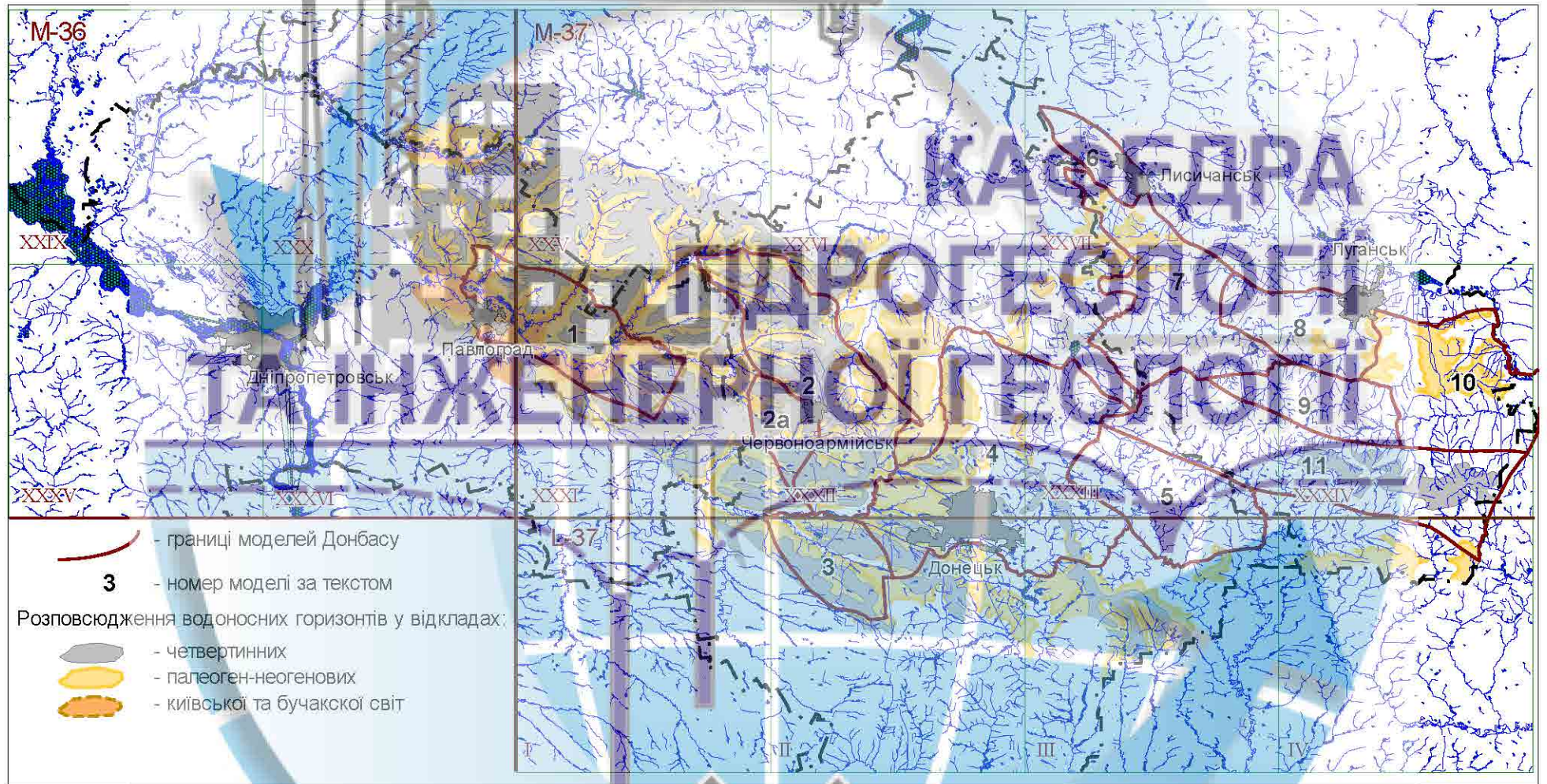


Рисунок 1.5 – Площа розповсюдження водоносних горизонтів кайнозою

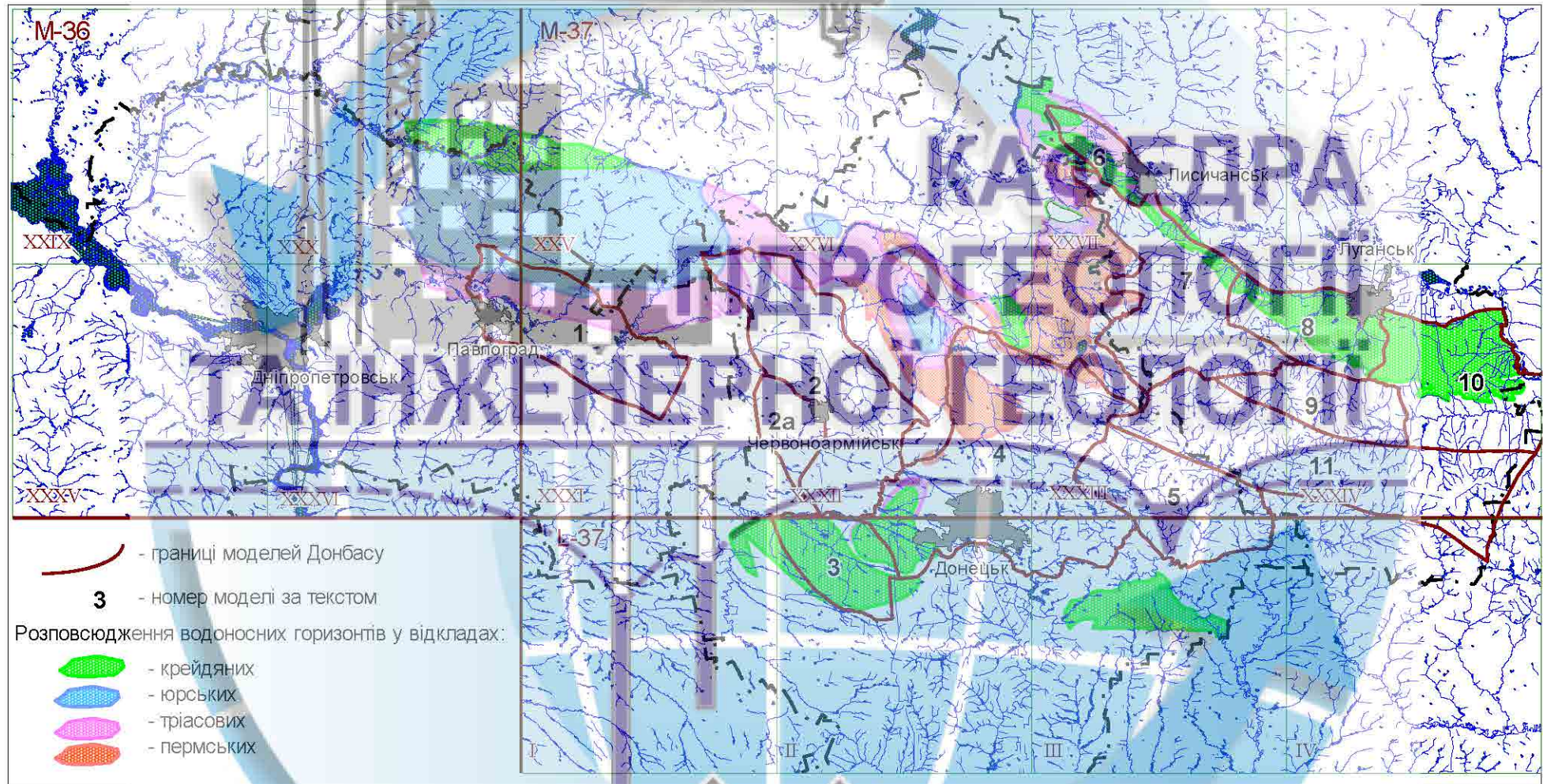


Рисунок 1.6 – Водоносні горизонти палеозою та мезозою

Складність гідрогеологічних умов пов'язана з неоднорідністю і нерівномірною тріщинуватістю кам'яновугільних відкладів. Невитриманість прошарків аргілітів у товщі кам'яновугільних порід, їх фаціальна мінливість, невитриманість по площі дають підставу розглядати кам'яновугільний водоносний горизонт як комплекс цілого ряду різних водоносних горизонтів. Водоносні горизонти пісковиків мають високий напір і значну водозбагаченість. Зменшення фільтраційних властивостей кам'яновугільних відкладів у плані пов'язано зі ступенем літифікації порід, яка закономірно збільшується з заходу (вугілля марок Д і Г) на схід (антрацити), і зі збільшенням ступеня метаморфізму. Там, де породи мають найбільший ступінь метаморфізму, водопроникність із глибиною швидко зменшується (Торезько-Сніжнянський ГПР), тріщинуватість порід виражена більш чітко. У районі поширення найменш метаморфізованих порід (Червоноармійський ГПР) у межах вивчених глибин водопроникність порід зменшується незначно. Потужність вивітрілої зони коливається від 40-60м (у східній частині) до 100-150м (у західній). На території "відкритого" Донбасу практично всі літологічні різниці порід, включаючи сланці, аргіліти й алевроліти, в зоні активного вивітрювання, поблизу розривних порушень, у місцях перегинів шарів кам'яновугільної товщі утворюють водоносну систему (водоносний комплекс) з єдиним дзеркалом підземних вод. Підвищена тріщинуватість більш характерна до території "відкритого" Донбасу. Нижче вивітрілої зони циркуляція підземних вод відбувається по тріщинах тектонічного походження. Із збільшенням глибини залягання фільтраційні властивості порід знижуються, погіршуються умови живлення, унаслідок збільшення геостатичного тиску відбувається змикання тріщин.

2. ТИПЗАЦІЯ І РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ ДОНБАСУ ЗА УМОВАМИ ФОРМУВАННЯ ШАХТНИХ ВОДОПРИТОКІВ

2.1 Загальні закономірності формування шахтних водопритоків

Особливості гідрогеологічних умов обводнення вугільних родовищ, будівництва та експлуатації вугільних шахт визначаються багатьма природними факторами: кількістю, потужністю, колекторськими та фільтраційними властивостями водоносних горизонтів, їх глибиною залягання та умовами живлення та ін. [4]. Перелічені фактори прямо або опосередковано залежать від розмірів геологічних структур, кутів падіння, тектонічної порушеності вуглевмісних порід, наявності покривних відкладень, їх потужності та водопроникності, що визначають гідрогеологічну розкритість продуктивної товщі, характеру рельєфу місцевості, наявності поверхневих водотоків зв'язки із підземними водами.

Водоносні горизонти кам'яновугільних відкладень Донбасу нижче зони вивітрювання здебільшого приурочені до пісковиків, що становлять іноді до 41-45% всього розрізу вугленосних світ, рідше до вапняків, роз'єднаних слабопроникними породами (аргіліти, алевроліти, сланці). У середньому потужність окремих пластів пісковиків дорівнює 20-25 м, іноді вона підвищується до 70-80 м і рідко досягає 100 м. Потужність вапняків зазвичай не перевищує 2-3 м, іноді підвищується до 10-12 м. Незважаючи на незначну потужність, вапняки більш водозбагачені, ніж пісковики, вони швидко дреноються, чому сприяє їхня підвищена тріщинуватість.

У Західному Донбасі та частково у Південному Донбасі водоносні також і вугільні пласти. У зоні вивітрювання поблизу розривних порушень у місцях різких перегинів шарів кам'яновугільної товщі водоносними є практично всі літологічні різниці порід (включаючи сланці, аргіліти та алевроліти), утворюючи потужну водоносну систему (водоносний комплекс) з єдиним дзеркалом підземних вод.

Нижче зони інтенсивного вивітрювання, потужність якої зазвичай не перевищує 70-80 м, водоносність кам'яновугільних порід пов'язана з їхньою тріщинуватістю, а в районах слаболітіфікованих і вивітрілих порід (Червоноармійський ГПР), крім того, і з їх пористістю [4-6].

Фільтраційні властивості кам'яновугільних порід змінюються як на площі, і на глибину. Зміна їх за площею пов'язана зі ступенем літіфікації порід, що закономірно збільшується із заходу, де вугілля відносяться до марок Д і Г, на схід, де розвинені в основному антрацити [4-6]. При цьому фільтраційні властивості порід закономірно пропорційно зменшуються із заходу на схід у міру літіфікації порід. Так, у Червоноармійському ДПР коефіцієнт фільтрації пісковиків в інтервалі глибин 100-200 м (від поверхні вугленосної товщі) у середньому становить 0,026 м/год, а в Чистяково-Сніжнянському – 0,013 м/год; в інтервалі глибин 300-400 м – відповідно 0,011 та 0,005 м/год.

Закономірність зменшення водопроникності кам'яновугільних порід і, як наслідок, їх водопровідності на глибину спостерігається на всій площі басейну. Найбільш представницькими в цьому відношенні є дані щодо Донецько-Макіївського ДПР [4], в межах якого поширені кам'яновугільні породи середнього ступеня літіфікації. Тут середня величина коефіцієнта фільтрації пісковиків становить: на глибині до 100 м – 0,031 м/год, в інтервалі глибин 200-300 м – 0,012 м/год, 400-500 м – 0,003 м/год, 700-800 м – 0,00 м/год та на глибині близько 1000 м – 0,00005 м/год.

Встановлено [6], що на глибинах понад 900-1000 м усі кам'яновугільні породи, незалежно від літологічного складу та ступеня літіфікації, поза зонами тектонічних порушень є практично безводними.

Найбільш високими фільтраційними властивостями відрізняються породи у верхній, найбільш вивітрілій частині кам'яновугільної товщі, потужність якої змінюється від 40-60 м у східній частині басейнів до 100-150 м у західній його частині, а також у межах зон тектонічних порушень, особливо плікативного характеру. Встановлено, що зони дроблення

тектонічних порушень мають найбільшу проникність і водопровідність в інтервалі глибин 300-600 м; із глибиною ці показники зменшуються.

На тлі регіонально порушеної гідрогеодинамічної обстановки під впливом гірничих робіт локальні її порушення виникають вже на самому початку шахтного будівництва при проходженні стовбурів, коли йде дренажування всіх водоносних горизонтів, що розкриваються. Подальше порушення відбувається при проведенні підготовчих виробок і значно інтенсивніше при веденні очисних робіт, коли над виробленим простором відбувається обвалення та осідання порід вугленосної товщі, що супроводжується утворенням відкритих тріщин у зоні потужністю 30-120 м (переважає 40-60 м), що гідравлічно пов'язують різні водоносні горизонти.

Після посадки та обвалення покрівлі над очисними виробками водоносні горизонти (переважно водоносні пісковики) у зоні обвалення гірських порід інтенсивно дренажуються. Практично у всіх випадках ведення видобувних робіт кількість підземних вод, що дренажуються, значно більше відновлюваних водних ресурсів, що і призводить до їх виснаження, незважаючи на загальне збільшення (до 3-4 разів) живлення водоносних горизонтів атмосферними опадами в умовах дренажності гірських порід та їх просідання.

Найбільша водопроникність тріщин обвалення і максимальне зниження рівнів підземних вод відзначається спочатку після посадки лав на ділянках, що безпосередньо прилягають до розроблюваного пласту. У водоносних горизонтах продуктивної товщі, найбільш віддалених від покрівлі вугільного пласта і тому слабше порушених процесами обвалення, спостерігається менше зниження рівнів підземних вод, а поза зони обвалення воно зовсім не відзначається [4]. Надалі відбувається задавлювання тріщин обвалення та зменшення їх водопроникності, внаслідок чого приплив у лаву зменшується або повністю припиняється і рівні підземних вод відновлюються до рівневої поверхні загальношахтної депресії [4, 7]. Депресійні воронки, що формуються таким чином, під очисними виробками є тимчасовими, що

переміщаються слідом за вибоєм лави, послідовно змінюючи одна одну, мігруючи по площі відпрацювання вугілля.

Загалом у межах Донецького Басейну, особливо його старих вуглепромислових районів, відбулося регіональне зниження рівня підземних вод як кам'яновугільних порід, так і гідравлічно з ними пов'язаних водоносних горизонтів покривних відкладень, що практично повністю порушує водний баланс зони активного водообміну [7, 8].

З глибиною водопритоки в шахти, у зв'язку із зменшенням пористості, тріщинуватості та фільтраційних властивостей порід вугленосної товщі, закономірно зменшуються

Характер зміни водопритоків залежно від тривалості експлуатації для кожної шахти має свої особливості, обумовлені цілим комплексом природних та техногенних факторів.

У часі виділяються три основні стадії у обводненні шахти.

1. Протягом декількох перших років експлуатації шахти спостерігається суттєва наростання водопритоку в гірничі виробки, що визначається початковим спрацюванням природних запасів підземних вод (на розкривних горизонтах), а також залучення інших джерел обводнення (швидкість залучення в дренаж максимально можливої кількості водоносних горизонтів та ін.).

2. У наступні кілька років відбувається зменшення загальношахтного водопритоку в основному у зв'язку зі зменшенням ролі першого з названих факторів (виснаження запасів дренованих водоносних горизонтів), а інші фактори (площа гірничих робіт, продуктивність шахти), а також залучені джерела обводнення ще працюють чи працюють слабо.

3. На останній стадії, зазвичай через десять або більше років після початку видобувних робіт, починається поступове наростання водопритоку в шахту внаслідок збільшення впливу основних факторів: розтин нових горизонтів і пластів, зростання продуктивності шахти (до проектної), збільшення площі очисних виробок та їх поглиблення, а також посилене

залучення джерел обводнення, які раніше не брали участі в цьому процесі (атмосферні опади, поверхневі води та ін).

Внаслідок тривалої експлуатації шахт басейну відбулася докорінна зміна природної проникності порід вугленосної товщі та значні зміни у гідродинамічній структурі потоку підземних вод. Водоносні горизонти кам'яновугільних порід, роз'єднані в природному стані пластами слабопроникних сланців, аргілітів, алевролітів, в результаті проходки численних квершлагав і збоїн з'єднані в єдину гідравлічну систему.

У процесі затоплення виведених з експлуатації шахт гідродинамічна обстановка та умови формування шахтних водопритоків діючих шахт, розташованих у зоні впливу цих шахт, суттєво змінюються. Причому, ці зміни практично мають протилежний характер. Так, при «мокрій» консервації шахт відбувається затоплення виробленого простору, здренованих водоносних горизонтів з інтенсивним підйомом рівня підземних вод та утворенням під виробленнями замість локальних депресійних вирв куполів на загальному тлі регіональної депресійної воронки. У міру подальшого затоплення шахт відбувається розвантаження шахтних вод у ґрунтові та річкові води, що й відзначається у ряді випадків.

Швидкість і тривалість затоплення виведених з експлуатації шахт визначається обсягом затоплених гірничих виробок (з урахуванням коефіцієнта затоплення) і величиною водо притоку. За даними [4-6] у середньому затоплення основного обсягу гірничих виробок шахт триває близько 3-4 років. У наступні кілька років відбувається повільне (одиниці або частки метрів на рік) відновлення рівня вод на ділянці, що рідко досягає статичного стану у зв'язку із загальною (регіональною) порушеністю гідрогеологічної обстановки в басейні і в першу чергу під впливом поблизу розташованих діючих, на «сухій» консервації та напівзатоплених шахт .

Підйом рівня шахтних вод у процесі затоплення шахт у більшості випадків, крім відокремлених глибоких шахт та шахт закритих у гідрогеологічному відношенні районів з великою потужністю покривних

відкладень, супроводжується підтопленням і заболочуванням територій, особливо в знижених місцях рельєфу, в т.ч. на площах просідання денної поверхні над гірничими виробками, що утворилися під впливом гірничих робіт та затоплення виробок.

На полях шахт, де гірничі роботи велися на малих глибинах (менше 50-80 м), крім просідання спостерігаються провали денної поверхні, що можна пояснити зниженням міцності і стійкості вуглевмісних порід, особливо четвертинних льосоподібних відкладень в умовах намокання та розмокання [4, 5]. Враховуючи, що гірничі роботи більшості шахт, що закриваються, підходять близько до денної поверхні, на полях цих шахт слід очікувати широкого розвитку зазначених процесів.

На підставі аналізу наявного фактичного матеріалу представилося можливим провести типізацію і гідрогеологічне районування за умовами формування шахтних водопритоків при веденні гірничих робіт на малих і середніх глибинах з урахуванням істотно порушеної гідродинамічної обстановки на всій площі вугільного басейну.

2.2 Типізація вугільних родовищ за умовами формування шахтних водопритоків

У обводненні гірничих виробок Донбасу беруть участь водоносні горизонти кам'яновугільних порід і мезокайнозойських відкладень, що їх покривають. Обводненість вугільних родовищ і зрештою формування шахтних водопритоків у басейні крім геолого-структурних та тектонічних особливостей залежить від потужності та обводненості покриваючих продуктивну товщу відкладень, гідравлічного зв'язку водоносних горизонтів кам'яновугільних порід з обводненими породами мезокайнозою. Зазначені фактори визначаються ступенем гідрогеологічної розкритості кам'яновугільних порід Донбасу. Ця ознака може бути покладена в основу гідрогеологічної типізації вугільних родовищ за умовами обводнення та формування шахтних водопритоків.

У межах басейну за вказаною ознакою виділяються три типи родовищ, що суттєво відрізняються особливостями їх формування.

Тип I. Вугільні родовища розташовані у гідрогеологічно відкритому Донбасі (рис. 2.1, а). Основними джерелами обводнення шахт є наступні.

- Природні ресурси підземних вод, що перехоплюються гірничими виробками, а потім як шахтні води скидаються в гідрографічну мережу.

- Природні ресурси підземних вод, що містяться в тріщинах та порах кам'яновугільних порід та дренуються виробками після обвалення покрівлі, внаслідок чого формуються локальні депресійні воронки. При пологому заляганні порід кам'яновугільної товщі глибше 600-800 м ці води практично відсутні. Сюди ж можна віднести і води зон тектонічних порушень, які на значній частині старих гірничопромислових районів (ГПР) вже дреновані гірничими виробками до глибин кількох сотень метрів.

- Річкові води, що залучаються до обводнення гірничих виробок у разі підробки річок, в умовах дуже високої геодинамічної порушеності гірського масиву. Залучення річкових вод відбувається і при підробці річок на глибинах 200 м і більше. Величина водопритоків досягає 300-500 м³/год і більше. Частка цього джерела обводнення шахт загалом басейну сягає 10-15%, а окремих ГПР, розташованих у відкритій частині Донбасу, значно більше [8, 9].

- Атмосферні опади в обводненні шахт беруть достатньо значну участь, де мають місце безстічні ділянки, сформувалися мульди просідання і т.д., що в цілому створює вельми сприятливі умови для інтенсивної інфільтрації цих вод у гірський масив. Пайова участь цього джерела обводнення шахт на окремих шахтних полях може перевищувати 50% загальношахтного водопритоку.

Тип II. Вугільні родовища розташовані в гідрогеологічно напівзакритому Донбасі, для якого характерним є те, що в обводненні шахт, крім природних ресурсів та природних запасів підземних вод кам'яновугільних порід з їх зонами тектонічних порушень, беруть участь

природні запаси підземних вод покривних відкладень (рис. 2.1, б, г). Частка атмосферних опадів і поверхневих вод в обводненні шахт, що залучаються, внаслідок перекриття водоносних горизонтів кам'яновугільних порід товщ обводнених мезо-кайнозойських відкладень, в цілому невелика.

Тип III. Вугільні родовища, розташовані в гідрогеологічно закритому Донбасі, охоплюють периферійні частини басейну. Основна роль в обводненні шахт у цій частині басейну належить природним запасам підземних вод кам'яновугільних порід та зон тектонічних порушень (рис. 2.1, в). Інші джерела у формуванні шахтних водопритоків, через повну ізоляваність водоносних горизонтів продуктивної товщі від денної поверхні, помітної ролі не грають.

До цього типу можна віднести, з певним застереженням, вугільні родовища глибоких горизонтів (більше 700-900 м) незалежно від розташування в межах басейну.

Вугільні родовища Донбасу за ступенем складності гідрогеологічних умов належать переважно до складних [10, 11].

Відповідно до викладених принципів гідрогеологічної типізації ГПР у басейні можуть бути згруповані таким чином (див. табл. 2.1.).

КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

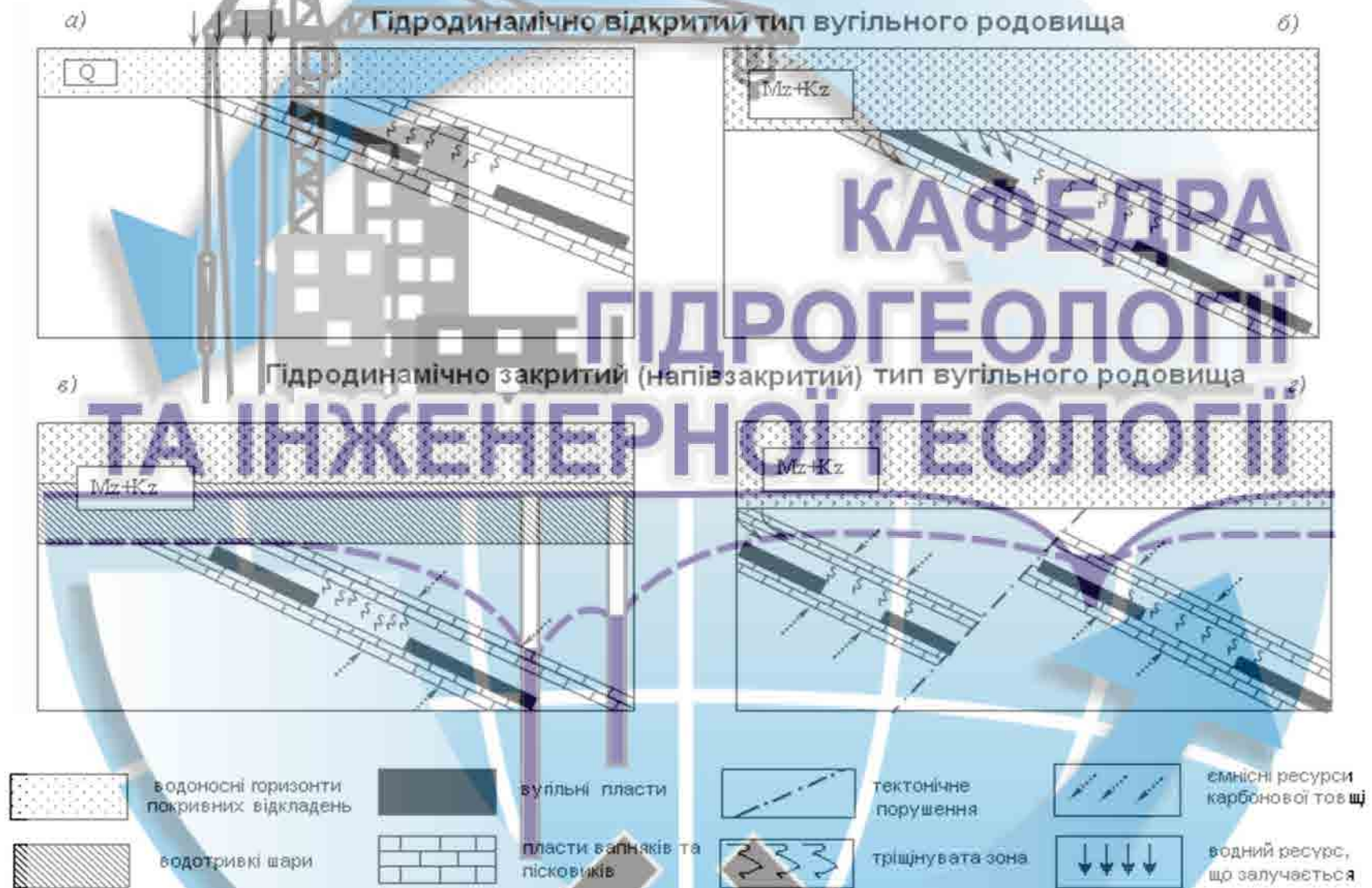


Рисунок 2.1 – Гідродинамічні типи вугільних родовищ

Таблиця 2.1 – Типізація ГІР за умовами формування водопритоків

| Тип вугільних родовищ | Умови формування шахтних водопритоків | Гірничопромисловий район | Основні джерела обводнення шахт |
|-----------------------|--|---|--|
| I | Територія гідродинамічно відкрита (Центральна підвищена частина Донбасу) | Центральний, Чистяково-Сніжнянський, Донецько-Макіївський, Лисичанський, Алмазно-Маріїнський, Боково-Хрустальський, Довжано-Ровенецький, Оріховський, південна частина Луганського і Краснодонського району | Природні ресурси та природні запаси підземних вод кам'яновугільних відкладень. Поверхневі води та атмосферні опади, що залучаються. |
| II | Територія гідродинамічно напіввідкрита (схили Донбасу) | Центральна та південна частина Червоноармійського району, південна частина Західного Донбасу | Природні ресурси підземних вод. Природні запаси підземних вод кам'яновугільних порід та зон тектонічних порушень. Природні запаси підземних вод покривних мезо-кайнозойських відкладень. |
| III | Територія гідродинамічно закрыта (периферійна частина Донбасу) | Старобільський, Південно-Донбаський, північна частина Краснодонського, Луганського, Червоноармійського району та Західний Донбас, західна частина Донецько-Макіївського району | Природні запаси підземних вод кам'яновугільних порід та зон тектонічних порушень |

2.3 Гідрогеологічне районування території Донецького басейну

Головними ознаками виділення меж гідрогеологічних районів Донбасу є самостійність їх водного балансу, геолого-структурні особливості території та умови розчленування рельєфу.

На території Донбасу доцільно виділити 11 районів (рис. 2.2): 4 – у Донецькій області, 6 – у Луганській та 1 – у Дніпропетровській. Остаточний вибір зовнішніх границь здійснюють при створенні гідрогеологічних моделей регіону. Нижче наведено границі районів території Донбасу

Район №1 – територія Павлоградсько-Петропавлівського ГПР.

Границі моделі:

на півночі – притока р.Самара, на якій розташоване с.Широка балка, далі Морозівський скид, Петропавлівський скид до р.Бик і р.Бик до с.Слав'янка;

на сході – лінія перпендикулярна простяганню порід від с.Слав'янка до с.Всесвятське;

на півдні – лінія по простяганню порід, яка проходить по центру між прошарками вапняків C_1 і B_3 від с.Всесвятське і до перетинання з р.Вовча на південно-східній окраїні м.Павлоград;

на заході – р.Вовча до впадіння у р.Самара і далі р.В'язівок.

Район №2 – територія Червоноармійського ГПР. Границі:

на півночі, сході та півдні – р.Самара від устя р.Гнілуша до перетинання з контуром виходу вапняків P_1 під покривну товщу і далі по цьому контуру до перетинання з притокою р.Вовча, р.Вовча та Курахівське водоймище;

на заході – від Курахівського водоймища до перетинання з Ялинським насувом і далі по цьому насуву до перетинання з Александрівським насувом, Александрівський насув, Криворізько-Павлівський скид, від р.Коваліха ряд скидів, Криворізький насув до перетинання з контуром виходу прошарку вапняків H_1 під покривні відклади до перетинання з р.Гнілуша, р.Гнілуша до устя.

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

**КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ**

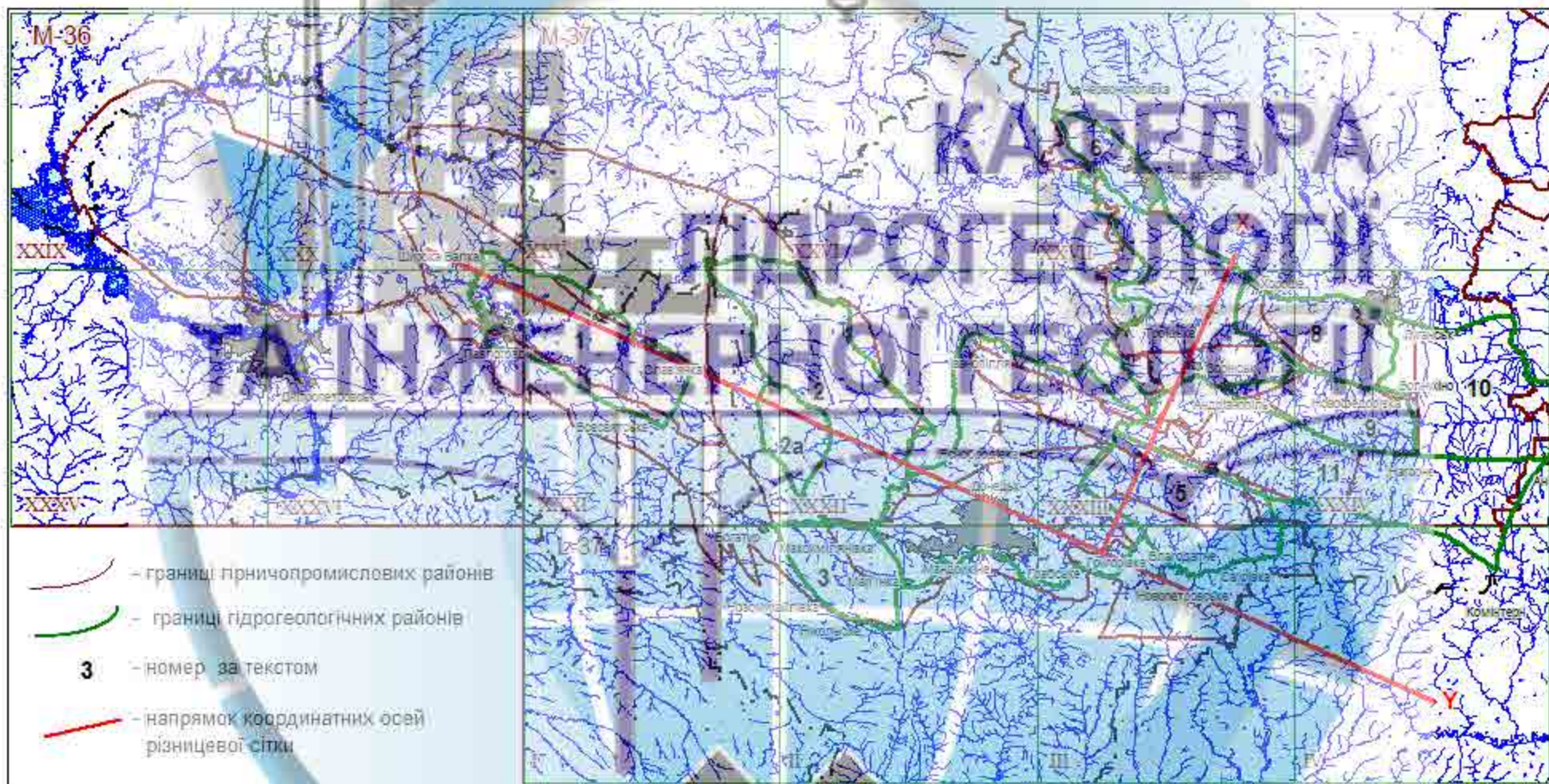


Рисунок 2.21 – Границі гідрогеологічних районів Донбасу

На території Червоноармійського ГПР виділена ділянка **Червоноармійська-Західна (район №2а)**, яка обмежена з усіх сторін скидами і насувами (Криворізько-Павлівським скидом, Криворізьким насувом, Новосергійовським та Ясінівським скидами та ін.) і має незалежний від суміжних територій водний баланс. Границі ділянки:

західна – збігається з ділянкою границі Червоноармійського ГПР;

північна, східна і південна – р. Грішінка (притока р.Бик) від границі моделі Червоноармійського ГПР до перетинання з Центральним насувом, Центральний насув до перетинання з границею моделі Червоноармійського ГПР.

Модель цієї ділянки може бути створена при необхідності.

Район №3 – територія Південно-Донбаського ГПР. Границі:

на півночі – р.Вовча від с.Богатир до устя р.Осікова, р.Осікова (притока р.Вовча) до перетинання з гілкою Французького насува;

на сході – від с. Новомихайлівка, що на гілці Французького насува, по тектонічним порушенням перпендикулярно простягання порід до с.Нікольське на р.Кашлагач;

на півдні – р.Кашлагач до перетинання з Криворізько-Павлівським скидом;

на заході – Криворізько-Павлівський скид до р.Вовча.

Район №4 – території Центрального і Донецько-Макіївського ГПР.

Границі:

на півночі – лінія по простягання порід від Клебан-Бикського до Миронівського водоймища (через с.Іванопілля), далі по межиріччю рік Карапулька і Садки до Булавінського насуву;

на сході – Булавінський насув, Юнкомівський насув, ось Зуївської антиклиналі до р.Орлівка, р.Орлівка до її устя і далі по притоці р.Кринка до с.Григорівка;

на півдні – Мушкетівський насув від с.Григорівка до с.Грабське, далі по контуру виходу вапняку G_2 на поверхню чи під покривні відклади до

с.Долінтарове на р.Грузька, р.Грузька до устя, далі притока р.Кальміус, р.Осікова (притока р.Вовча) до перетинання з Французьким насувом у районі с.Мандрикіне, Французький насув до с.Мар'їнка;

на заході – гілка Французького насуву від с.Мар'їнка до с.Максимілянівка, р.Осікова до її устя, р.Вовча до с.Яснобродівка, далі притоки р.Вовча і р.Калинівка, р.Калинівка до Клебан-Бикського водоймища.

Район №5 – території Торезько-Сніжнянського ГПР. Границі:

на півночі – вісь Головної антикліналі (границя збігається з південною границею моделі Боково-Хрустальського і Довжано-Ровенецького ГПР) до перетинання з р.Міус;

на сході – р.Міус до Маринівського насуву;

на півдні – Маринівський насув до перетинання з притокою р.Кринка, на якій розташоване с.Саурівка, від устя притоки до р.Кринка (центр Амвросієвської антикліналі), р.Кринка до с.Благодатне, притока р.Кринка, на якій розташоване с.Новопетровське, і далі вісь Зуївської антикліналі до перетинання з Юнкомівським насувом, де границя збігається з границею моделі Центрального і Донецько-Макіївського ГПР;

на заході – Юнкомівський насув до перетинання з віссю Головної антикліналі у районі Волинцевського водоймища, де границя також збігається з границею моделі Центрального і Донецько-Макіївського ГПР;

Район №6 – території Лисичанського ГПР. Границі:

на півночі і північному сході – Північно-Донецький насув від с.Червонопопівка до східного краю м.Лисичанськ;

на сході – вододіл між полями шахт Матроська і Тошковська (межіріччя р.Біленька і б.Біленька) від східного краю м.Лисичанськ до перетинання з Мар'ївським насувом;

на півдні – Мар'ївський насув до перетинання з контуром виходу вапняків світи P_1 на поверхню;

на південному заході – контур виходу вапняків світи P_1 на поверхню чи під покривні відклади до перетинання з Північно-Донецьким насувом.

Район №7 – території Алмазно-Мар'ївського і частини Селезнівського ГПР. Границі:

на півночі та північному сході – границя збігається з південною та східною границями моделі Лисичанського ГПР і далі по Північно-Донецькому насуву до с.Хороше;

на сході та південному сході – від с.Хороше по підняттю між рр.Камишеваха і Лозова до Іллічевського насув, далі по Іллічевському та Головному Краснодонському насувам до р.Ольхівка;

на півдні – р.Ольхівка від перетинання з Головним Краснодонським насувом і до Мечетинського насуву, Мечетинський насув до с.Андріанопіль, лінія вхрест простягання порід від с.Андріанопіль до с.Зорінськ поблизу Геофізичного насуву, Геофізичний насув до перетинання з Булавінським насувом;

на заході – від перетинання Геофізичного і Булавінського насувів по притоці р.Луганка до Миронівського водоймища (Донецька обл.), по р. Луганка до с. Троїцьке і далі по контуру виходу вапняків світи Q_1 на поверхню чи під покривні відклади до перетинання з Мар'ївським насувом.

Район №8 – території частин Луганського і Алмазно-Мар'ївського ГПР. Границі:

на півночі – Північно-Донецький насув від с.Червонопопівка до східної частини м.Луганськ;

на сході – вододіл між ріками Ольхова і Луганчик, від с.Новофедорівка до р.Луганчик до с.Волнухіно;

на півдні і заході – від с.с.Волнухіно по Головному Краснодонському насуву до перетинання з границею районів Алмазно-Мар'ївського і Селезнівського ГПР і далі вздовж цієї границі.

Район №9 – території Оріхівського ГПР. Границі:

на півночі, заході і сході – суміжні границі моделей діляниць Луганського, Алмазно-Мар'ївського та Краснодонського ГПР;

на півдні – вздовж Колпаківсько-Замчалівської антикліналі від с.Нагорне

до с. Андріанопіль.

Район №10 – території Краснодонського і частини Луганського ГПР. Границі:

на півночі – Північно-Донецький насув від східної частини м. Луганськ до р. Сіверський Донець;

на сході – р. Сів. Донець до границі з Росією, далі границя проходить по території Росії – по р. Сів. Донець до устя р. Мал. Кам'янка, р. Мал. Кам'янка до с. Попівка і далі від нього до с. Анікін по межиріччю рр. Провалля-Мал. Кам'янка;

на півдні – вісь Колпаківсько-Замчалівської антиклінали від с. Анікін до с. Нагорне;

на заході – від с. Нагорне по притоці р. Вел. Кам'янка до устя, далі по р. Вел. Кам'янка, її притоці і притоці р. Луганчик до устя, р. Луганчик до перетинання з границею Луганського ГПР.

Район №11 – території Боково-Хрустальського, Довжано-Ровенецького і частини Селезнівського ГПР. Границі:

на півночі – суміжна границя з моделями дільниць Алмазно-Мар'ївського, Оріхівського та Краснодонського ГПР;

на сході – в хрест простягання порід Довжано-Садкінської котловини уздовж границі Україна-Росія від с. Анікін до с. Комінтерн по осі Головної антиклінали;

на півдні – Суліно-Костянтинівський насув від с. Комінтерн, далі вісь Головної антиклінали до її перетинання з Юнкомівським насувом;

на заході – в хрест простягання порід від перетинання осі Головної антиклінали з Юнкомівським насувом до Булавінського насуву і далі по цьому насуву до границі Алмазно-Мар'ївського ГПР.

3. ОЦІНКА ГІДРОДИНАМІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В УМОВАХ ЗАКРИТТЯ И ЗАТОПЛЕННЯ ШАХТ НА ТЕРИТОРІЯХ РІЗНОЇ КОНТРОЛЬВАНОСТІ

З вище наведеного аналізу зрозуміло, наймасштабнішим чинником перетворення геологічного середовища є гірничовидобувна промисловість, яка в умовах декарбонізації реформується і згортається, а в районах ведення бойових дій гірничі виробки шахт неконтрольовано затоплюються.

В результаті тривалої взаємодії гірничих робіт з геологічним середовищем у вуглепромисловій частині Донбасу сформувалася певна техногенно-геологічна система, для якої вихід шахт з експлуатації означає перехід її в новий геотехнічний стан з новими граничними умовами. Застосування методу “мокрої” консервації вугільних шахт, що закриваються, означає затоплення виробленого гірського простору підземними водами. Ці зміни в умовах практичної ліквідації водоупорів при проходженні гірничих виробок та в т.ч. стовбурів шахт насамперед позначаються в підйомі рівнів води всіх розкритих шахтами водоносних горизонтів, включаючи глибокі, що мають підвищені напори та мінералізацію підземних вод, що може посилити перетік солоних вод у депресії водозаборів, водотоки та водойми, призвести до підтоплення та засолення великих сільгоспугідь, створити загрозу безпечного функціонування суміжних з шахт. З затопленням шахт може бути пов'язаний прояв таких негативних наслідків як зниження міцності породного масиву в зоні гірничих робіт з ризиком деформацій і руйнувань будівель та інженерних споруд, суфозійних процесів та гідросейсмічних впливів навіть при невисоких балах землетрусів, а також ймовірність виходу метану в підземні частини житлових та промислових будівель. Ці обставини, щоб уникнути негативних економічних та екологічних наслідків, вимагають опрацювання відповідних питань, спрямованих на прийняття об'єктивних технічних рішень під час закриття шахт.

Прогнозування згаданих можливих екологічно несприятливих і небезпечних змін гідрогеологічних умов у системі геологічного середовища при закритті та затопленні шахт є достатньо складною та багатофакторною проблемою, вирішення якої вимагає комплексних досліджень.

3.1 Аналіз режиму затоплення шахт на сході України

Інформація, представлена у підрозділі, запозичена зі звітів міжнародних організацій [12-15] та відповідає ситуації на 2018 рік.

Перед початком конфлікту на сході України 150 вугільних шахт експлуатувалися або працювали в водовідливному режимі (див. табл. 3.1, рис. 3.1).

Таблиця 3.1 Відомості щодо стану та роботи вугільних підприємств

| | Січень 2014 р. | Листопад 2017 р. * | Листопад 2018 р. * |
|---|----------------|--------------------|--------------------|
| Шахти, які експлуатуються | 150 | 104 (29/75) | 99 (24/75) |
| У водовідливному режимі | 14 | 17 (1/16) | 14 (2/12) |
| В процесі затоплення | 36 | 36 (17/35) | 39 (1/38) |
| На стадії ліквідації | 100 | 70 (6/64) | 70 (6/64) |
| Зняті з обліку у зв'язку із завершенням ліквідаційних робіт | 0 | 0 | 5/0 |
| Всього | 227 | 227 (37/190) | 222 (33/189) |

* В дужках: контрольована територія / невідконтрольована територія

Внаслідок конфлікту в Донецькій області перебоїв в роботі підприємств або насосного обладнання були зафіксовані на шахтах «Комсомолец Донбасу», «Лідиївка», «Вуглегірська», «Червоний Профінтерн», «Булавинська», «Ольховатська», «Трудівська», «Челюскінців», «Кіровська», «Північна», «Полтавська», «Ясинівська-Глибока», «Холодна балка», «Жовтневий Рудник», «Чайкіно», «Щегловська-Глибока», «Юзівська», «Юнком», «Бутівська», «Святої Матрони Московської», шахтах імені Абакумова, Скочинського, Румянцева, Гайового, Карла Маркса, Засядька, Леніна, Калініна та Бажанова. У Луганській області перебоїв в роботі зазнали шахти «Суходольська-Східна», «Привольнянська», «Никанор-Нова», «Київська», «Шахтоуправління «Ровеньківське», «Довжанська-Капітальна»,

«Центроспілка», «Харківська», «Червоний партизан», «Самсонівська-Західна», «Першотравнева», «Пролетарська», «Білоріченська», шахти імені Фрунзе, Вахрушева, Космонавтів, Держинського, Свердлова тощо.



Рисунок 3.1 – Карта техногенного навантаження на сході України

Під час конфлікту неодноразово фіксувалися випадки пошкодження інфраструктури та відключення вугледобувних підприємств від електропостачання, що призводило до зупинки систем водовідведення шахтних вод, а в ряді випадків – до повного затоплення шахт.

На сьогодні водовідлив не працює практично на всій території від м.Горлівка до м. Єнакієве (рис. 3.2), в районі Первомайська (рис. 3.3), частково – в містах Донецьк, Макіївка, Шахтарськ, Торецьк.

Понад 35 шахт регіону затоплюється або вже повністю затоплені та не підлягають подальшій експлуатації. Частина пошкоджених або зупинених шахт на Донбасі було демонтовано.

Підтоплення шахт та прилеглих територій, що відбувається внаслідок знеструмлення та пошкодження обладнання підприємств гірничодобувної

промисловості, – одна з основних причин потенційного забруднення підземних та поверхневих вод при їх контакті з шахтними водами, забрудненими, зокрема, залізом, хлоридами, сульфатами, іншими мінеральними солями й важкими металами.

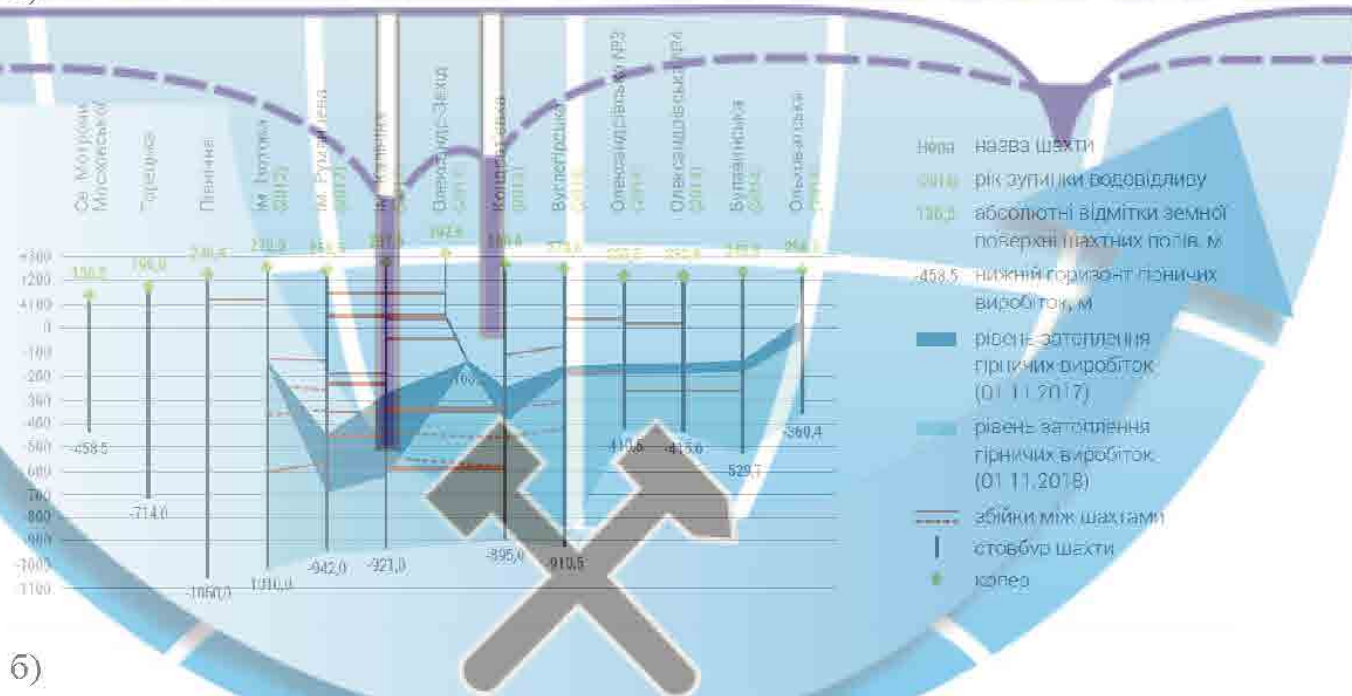


Рисунок 3.2 – Схема гідравлічних зв'язків між шахтами південного (а) та північного (б) крила ЦРД та динаміка рівнів затоплення гірничих виробок

У Луганській області (рис. 3.3) існує загроза гідрогеологічної небезпеки внаслідок затоплення гірничих виробок шахтними водами недіючих шахт Первомайської групи – «Первомайська» і «Голубівська», що знаходяться на непідконтрольній території та гідрогеологічно пов'язані з діючими шахтами державного підприємства «Первомайськвугілля»: «Золоте», «Карбоніт» та «Гірська», що розташовані на підконтрольній Україні території.

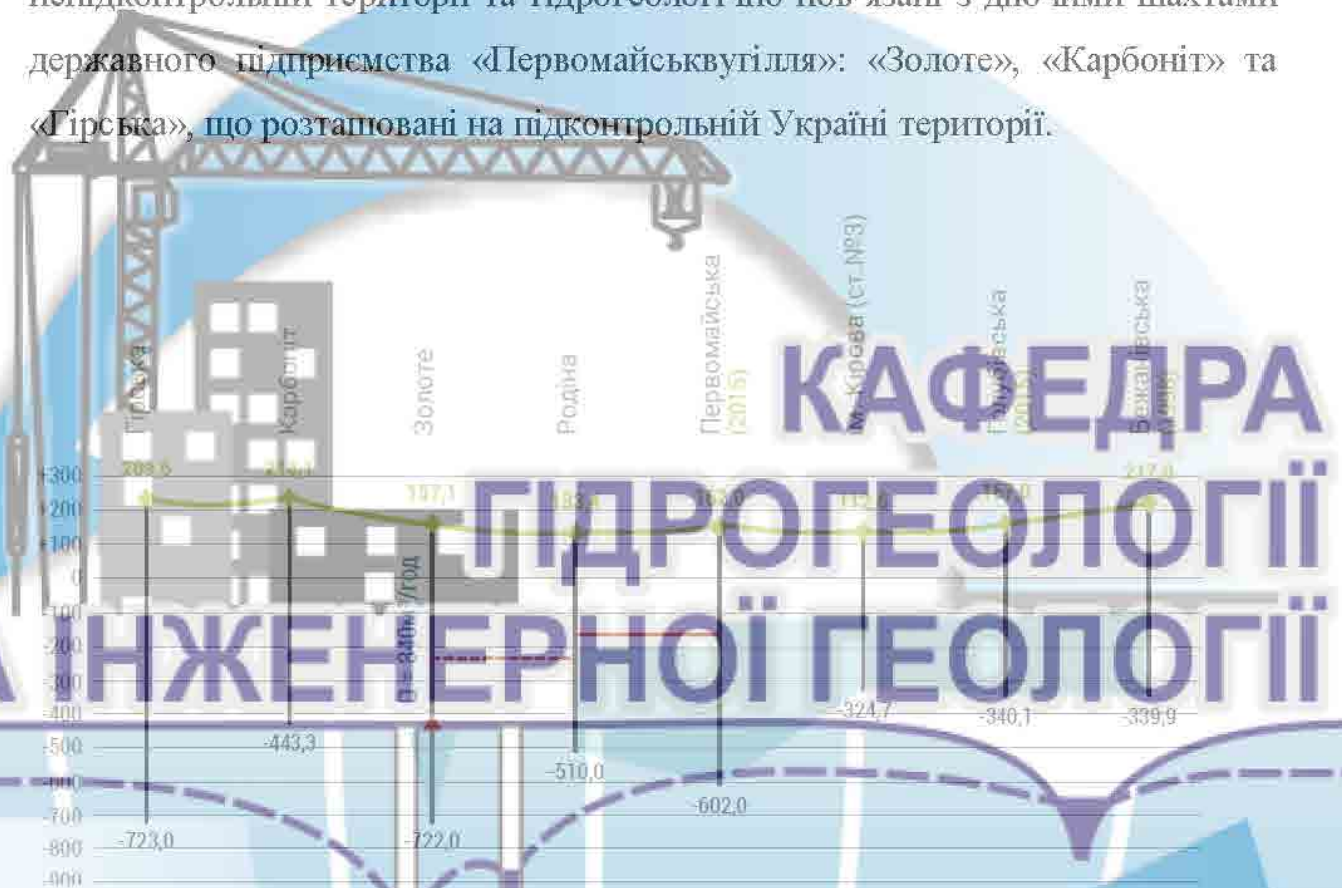


Рисунок 3.3 – Схематичний розріз Первомайської групи шахт Луганської області та рівень затоплення станом на 01.11.2018

Особливу загрозу становить підтоплення шахт, які використовувались як сховища відходів. Така небезпека існує для, насамперед, шахт «Юний Комунар», «Олександр-Захід», «Вуглегірська» та імені Калініна в м. Горлівка Донецької області.

За деякими оцінками [15], за час конфлікту загальний щорічний водовідлив в Донбасі скоротився з 800 до 400 – 450 млн. кубічних метрів.

Неминучим наслідком масштабного затоплення шахт стане підтоплення навколишніх територій і просідання поверхні, що призведе до погіршення умов експлуатації будівель, споруд і комунікацій, в тому числі

підземних газопроводів, комунальних мереж водопостачання та водовідведення.

3.2 Результати моніторингових досліджень поверхневих вод та донних відкладів водосховищ

Наслідками руйнування системи охорони навколишнього середовища в зоні конфлікту стала відсутність постів контролю якості поверхневих вод Донецького і Луганського обласних та Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів уздовж лінії зіткнення та на територіях, невідконтрольованих уряду України (з 39 постів Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів в Донецькій області та 24 – у Луганській, які працювали до початку конфлікту, зараз працюють 20 і 6 відповідно).

Зважаючи на характер об'єктів інфраструктури Донбасу сформовано список показників хімічного складу поверхневих вод і забруднюючих речовин, зміна вмісту яких може бути індикатором впливу затоплення шахт та ведення бойових дій: загальна мінералізація, мінеральні форми азоту і фосфору, важкі метали та нафтопродукти.

В якості джерел інформації були обрані:

- результати визначення гідрохімічних параметрів на створах спостереження Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів Державного агентства водних ресурсів України (СД БУВР). При цьому обиралися ті створи, щодо яких проводилася низка спостережень з початку 2000-х років до 2017 року включно;
- інформація з інформаційно-аналітичної системи AquaGuard Українського гідрометеорологічного інституту містить ряди спостережень за гідрохімічними параметрами, починаючи з 1960-х років (для аналізу відбирались ряди з 1996 до 2016 року).

Схема розміщення створів спостереження, дані яких були використані, подана на рис. 3.4. Створ вище міста Ізюм на р.Сіверський Донець може слугувати як референтний, тому що знаходиться вище за течією від зони

конфлікту і достатньо віддалений від такого промислового центру, як Харків.



Рисунок 3.4 – Схема розташування створів для аналізу якості поверхневих вод

Були відзначені підвищені концентрації біогенних елементів (мінеральних форм азоту і фосфору) у воді як р. Сіверський Донець, так і інших річок, що досліджувалися. Значне збільшення концентрації амонійного азоту у воді річки Клебан-Бик, починаючи з 2015 року, може бути наслідком забруднення річки стічними водами.

Майже аналогічні збільшення концентрації амонійного азоту відзначені у воді річок Кальміус і Кальчик, що, скоріш за все, також може пояснюватися утриманням у неналежному стані або пошкодженням комунальних очисних споруд.

Підвищений вміст нітратного азоту в порівнянні з рікою Сіверський Донець було відзначено у воді річок Казенний Торець і Кривий Торець: його вміст з 2013 року коливався приблизно в межах 20 мг/дм^3 , і це також може вказувати на забруднення води сполуками азоту зі стічних вод. Для води гирлової частини ріки Казенний Торець після 2013 року було встановлено збільшення вмісту міді. Було також відзначено наявність нафтопродуктів у воді річки Сіверський Донець поблизу м. Лисичанськ, як і у воді майже всіх досліджених річок (найбільш високі їх концентрації були виявлені у воді річок Кривий Торець і Казенний Торець).

Проби донних відкладів відбиралися з берега в нижній частині Карлівського і Клебан-Бицького водосховищ. Для порівняння, в якості фонових показників використовувалися значення в пробах, відібраних на тих самих ділянках з гребель водосховищ у 2008 році. Порівняльний аналіз результатів з даними 2008 року свідчить про перевищення у 2017 році вмісту нерадіоактивного стронцію й значне перевищення концентрації барію (табл. 3.2). При цьому зафіксоване зниження вмісту заліза, хрому, цинку та міді й деяке зниження вмісту титану, що частково може пояснюватися відмінностями в умовах відбору проб.

Таблиця 3.2 – Зведені результати аналізу хімічного складу донних відкладів

| ПОКАЗНИКИ | Клебан-Бицьке водосховище | | Карлівське водосховище | |
|-------------------------|---------------------------|---------|------------------------|---------|
| | 2008 р. | 2017 р. | 2008 р. | 2017 р. |
| Залізо загальне (мг/кг) | 2200 | 3178 | 2618 | 3104 |
| Хром загальний (мг/кг) | 161,1 | 321,5 | 170,9 | 276,4 |
| Нікель (мг/кг) | 32,14 | 98,10 | 36,45 | 77,32 |
| Цинк (мг/кг) | 38,59 | 75,40 | 33,17 | 68,90 |
| Свинець (мг/кг) | 17,52 | 43,41 | 31,26 | 44,03 |
| Мідь (мг/кг) | 0 | 10,45 | 0 | 13,33 |
| Кадмій (мг/кг) | 2,900 | 7,965 | 6,060 | 8,025 |
| Стронцій (мг/кг) | 0,51 | 0,54 | 0,50 | 0,59 |
| Титан (мг/кг) | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 5,63 |
| Ванадій (мг/кг) | 0,006 | 0,325 | 0,006 | 0,525 |
| Барій (мг/кг) | 548,3 | 1078 | 794,6 | 1119 |

3.3 Моніторинг підземних вод в межах Донецької та Луганської областей

Підземні води сходу України – важливі існуючі та потенційні джерела промислового, сільськогосподарського і комунального водозабезпечення.

У межах басейну Сіверського Дінця, який розташовується на великій частині території регіону та частково за його межами, вони знаходяться в гірських породах палеозойської, мезозойської та кайнозойської системи.

У межах адміністративних одиниць Луганської області моніторинг підземних вод провадиться за допомогою спостережних мереж державного та регіонального рівнів. Загалом у Луганській області державний рівень спостережень станом на 2017 р. налічував 42 спостережні свердловини (18 – у природних та слабкопорушених умовах, 24 – у порушених); регіональний рівень налічував 84 спостережні свердловини, (28 – у природних та слабкопорушених умовах, 56 – у порушених). У державній мережі спостереження охоплювалися водоносні горизонти в четвертинних (13 спостережних пунктів) та крейдових (29 спостережних пунктів) відкладах. Інші свердловини залишились на території, непідконтрольній уряду України.

На балансі ДРГП «Донецьктеологія» в рамках проведення державного моніторингу підземних вод Донецької області перебувають 54 спостережні свердловини (23 ділянки), з яких 47 призначені для вивчення стану підземних вод у природних та слабкопорушених та 7 – у порушених умовах. За триваючого військового конфлікту спостереження на сьогодні здійснюються у 25 пунктах спостережної мережі (у 21 пункті – в умовах природного режиму, в 4 – в умовах слабкопорушеного режиму підземних вод).

Стосовно якості більшість кайнозойських та частина інших водоносних горизонтів і комплексів перебувають сьогодні в незадовільному стані через забруднення внаслідок господарської діяльності. У найкращому якісному стані перебувають підземні води у мезозойських відкладах та у палеоген-неогенових відкладах кайнозою. Кількісний стан, за винятком водоносних горизонтів у кам'яновугільних відкладах, є відносно добрим.

Однак мають місце зміни гідродинамічних умов. Останнє десятиріччя

відзначається скороченням видобутку підземних вод, що пов'язане із відповідним скороченням промислових потужностей та зменшенням кількості водоспоживачів (викликаним наслідками бойових дій). Зниження об'ємів водовідбору спричинило початок відновлення рівнів підземних вод та зникнення воронки депресії, що існували навколо деяких водозаборів (Світличанського, Житлівського). При цьому це аж ніяк не свідчить про поліпшення якості підземних вод.

Навпаки – контактування підземних вод у процесі відновлення рівня із техногенно створеною зоною аерації, що містить розчинні сполуки забруднюючих речовин у високих концентраціях, погіршує якість підземних вод. Така ситуація є притаманною для підземних вод карбонатних водоносних горизонтів Луганської області, де, крім специфічних гідродинамічних умов, має місце щільне розміщення небезпечних підприємств промисловості: ТОВ «Рубіжанський Краситель», ТОВ «НВП «Зоря», ПрАТ «Северодонецьке об'єднання «Азот», ВАТ «Лисичанська сода», ПрАТ «ЛиНІК» та ін.

Для кількісного аналізу змін за період бойових дій багаторічні дані регулярних спостережень зіставлялися з результатами відбору проб, проведеного у чотирьох свердловинах у 2018 р. на замовлення Координатора проектів ОБСЄ в Україні. Вибрані свердловини характеризують широко використовувані місцевим населенням підземні води в алювіальних четвертинних відкладах (точка № 11 – с. Стара Краснянка, Кременський район Луганської області), підземні води у верхньокрейдових відкладах (точка № 10 – с. Сиротине, Попаснянський район Луганської області), підземні води у відкладах кам'яновугільної системи (точка № 12 – водозабір «Пахарський» КП «Луганське» Луганської селищної ради с. Воздвиженка, Бахмутський район Донецької області) та підземні води у відкладах пермської системи (точка № 13 – діючий водозабір ТОВ «НВО «Інкор і К» у смт. Новгородське, Костянтинівський район Донецької області).

Із результатів аналізу багаторічної динаміки з початку експлуатації

вбачається, що показники води на водозаборі «Пахарський» (точка № 12) з 1971 р. суттєво погіршилися (рис. 3.5). Так, на початку введення водозабору в експлуатацію вода належала до гідрокарбонатно-сульфатного кальцієво-натрієвого типу із мінералізацією $1,34 \text{ г/дм}^3$ та вмістом сульфатів 497 мг/дм^3 . У 2008 р. (37 років з початку введення водозабору в експлуатацію) мінералізація води досягла $1,9 \text{ г/дм}^3$, а вміст іонів сульфатів перевищив критичну позначку і становив $876,9 \text{ мг/дм}^3$; відбулася зміна типу води на хлоридно-сульфатний (за переважаючими аніонами), а серед катіонів стали превалювати Mg та Na. Станом на 2018 р. також спостерігається перевищення вмісту іонів сульфатів відносно ГДК на рівні 630 мг/дм^3 , тип води у 2018 р. – гідрокарбонатно-сульфатний магнієво-натрієвий.



Рисунок 3.5 – Зміна вмісту хлор- та сульфат-іонів у водозаборі «Пахарський»

Таким чином, у воді, що відбирається каптажним колодязем, відбулося заміщення гідрокарбонатних іонів на сульфатні іони із перевищенням ГДК, так само як і з підвищенням мінералізації, що має неприродний характер. З огляду на те, що водопункт знаходиться в зоні впливу вугільних шахт Центрального району Донбасу, слід розглядати об'єкти вугільної промисловості як джерело забруднення водоносного горизонту.

Актуальні дані про стан підземних вод на сході України, динаміку затоплення вугільних шахт та зміни складу шахтних вод необхідні для своєчасного аналізу ситуації та прийняття рішень у випадку різкої зміни. Має продовжуватися регулярне оновлення, аналіз та поширення наявної

інформації.

Водночас для розширення інформаційної бази такого аналізу нагальними видаються оновлення та модернізація мережі спостережних свердловин для моніторингу кількості та якості підземних вод.

Слід впроваджувати систему моніторингу для отримання більш повних та актуальних даних щодо якісного та кількісного стану підземних вод, геодинамічного стану масиву порід, хімічного та екологічного стану техногенних і природних ландшафтів. Відправною точкою для цього можуть стати рекомендації, отримані в рамках підготовки Плану управління басейном Сіверського Дінця.

У сучасних умовах кількісне прогнозування ймовірних наслідків триваючого підйому рівня шахтних вод ускладнено як в силу проблем з отриманням інформації в достатньому обсязі, так і через переважання порушених гідрогеологічних умов на сході України. Водночас актуальним та можливим є аналіз змін ситуації на основі математичного моделювання геофільтраційних процесів, що дозволяє максимально ефективно використовувати незначну кількість вихідних даних. Складена таким чином просторова база даних, яка наповнюватиметься і уточнюватиметься на постійній основі, дозволить у подальшому визначати конкретні об'єкти для більш докладного аналізу і накопичувати інформацію для кількісного прогнозу.

Крім того, внаслідок триваючого процесу підтоплення територій збільшується актуальність вивчення несприятливих геоморфологічних процесів у регіоні, у тому числі просідання ґрунту поблизу й у межах населених пунктів та в районах розміщення об'єктів критичної інфраструктури.

Виявлення та кількісний аналіз таких явищ потребує використання супутникових даних та сучасних методів обробки даних дистанційного зондування.

4. МЕТОД МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОФІЛЬТРАЦІЇ ЯК СКЛАДОВА МОНІТОРИНГУ ЗА РЕЖИМОМ ЗАТОПЛЕННЯ ШАХТ

4.1 Особливості створення регіональних моделей гірничовидобувних регіонів

У практиці регіональних гідродинамічних та геоecологічних досліджень для вирішення питань технічної та екологічної безпеки вуглевидобувних регіонів при закритті шахт використовується метод математичного моделювання, що дозволяє відобразити у взаємозв'язку природні та техногенні фактори, уточнювати та узгоджувати між собою отриману при вишукуванні інформацію, експериментувати з об'єктом, розглядаючи значну кількість альтернативних варіантів, підвищити надійність і ефективність результатів досліджень. Результати досліджень на регіональних математичних моделях дозволяють:

- кількісно оцінити фактори формування підземних вод;
- прогнозувати зміни режиму підземних вод у порушених умовах;
- оптимізувати спостережну мережу для здійснення моніторингу підземних вод;
- оцінити регіональний вплив гірничих робіт на підземні води;
- обґрунтувати граничні умови локальних геофільтраційних та геоміграційних моделей для вирішення конкретних гідрогeологічних і еколого-геологічних питань;
- обґрунтувати заходи щодо охорони і раціонального використання підземних вод.

Математичні моделі повинні стати складовою частиною державної системи моніторингу підземних вод для територій з порушеними умовами формування режиму. Якщо моделі співвіднести з рівнями моніторингу, можна виділити трансрегіональні, регіональні, територіальні і об'єктові моделі [19].

До трансрегіональних слід віднести моделі артезіанських басейнів або великих частин басейнів, що розповсюджуються на територію суміжних держав. Для їх створення і експлуатації необхідно налагодити обмін вихідною інформацією і результатами прогнозу між геологічними службами відповідних країн.

До регіональних відносяться моделі окремих артезіанських басейнів або великих частин басейнів, на яких відображується регіональний вплив техногенного навантаження на підземні води. Вихідна інформація і результати моделювання подаються на дрібно- та середньомасштабних картах (1:1000000, 1:500000, 1:200000). Регіональну модель слід супроводжувати серією локальних моделей типових ділянок для обґрунтування схематизації умов формування підземних вод.

Територіальні моделі створюються для окремих частин артезіанських басейнів з самостійним водним балансом, які можна порівняти за розмірами з територіями адміністративних областей. Їх використовують для оцінки впливу на підземні води великих техногенних об'єктів, а також для оцінки взаємного впливу об'єктів, що відносяться до різних міністерств або адміністративних областей. Вихідна інформація підготовляється на середньо- і великомасштабних картах (1:200000, 1:100000, 1:50000 та більше). Створення територіальної моделі може супроводжуватися виділенням фрагментів великого масштабу на ділянках, найбільш складних у гідрогеологічному, гідрохімічному та техногенному відношенні.

Об'єктові моделі створюються для зон впливу найбільш важливих або потенційно небезпечних об'єктів (окремі водозабори, територія житлових масивів, промислові об'єкти, накопичувачі, шахти, кар'єри та ін.). Вихідна інформація підготовляється на великомасштабних картах (1:25000, 1:10000, 1: 5000 та більше).

Фактичні спостереження за результатами реструктуризації гірничопромислових підприємств свідчать про те, що ці дії можуть приводити до певних негативних наслідків [16]. Затоплення шахт приводить

до негативних змін рівневого і гідрохімічного режиму, умов живлення і розвантаження підземних вод на великих територіях Донбасу [16-18]. У зв'язку з необхідністю прогнозування змін, що відбуваються, виникає необхідність створення регіональних, територіальних і локальних моделей.

Створення і використання математичних моделей Донбасу буде сприяти:

- встановленню закономірностей зміни гідрогеомеханічних параметрів порушеного гірського масиву;

- виявленню впливу гірничих робіт на підземні води у регіональному плані;

- оцінці змін водного балансу;

- оптимізації режимної мережі для здійснення моніторингу підземних вод;

- виділенню першочергових ділянок, що потребують захисту навколишнього середовища при затопленні шахт;

- обґрунтуванню граничних умов локальних геофільтраційних та геоміграційних моделей для вирішення конкретних гідрогеологічних і еколого-геологічних питань.

Першим етапом щодо створення системи математичних моделей Донбасу є схематизація природних умов шахтних полів та обґрунтування розрахункових схем груп шахт, що знаходяться на територіях різної контрольованості.

При створенні геофільтраційних моделей і обґрунтуванні їх границь необхідно враховувати характерні особливості природних і техногенно-порушених умов Донбасу.

Особливості природних умов Донбасу:

- складчасті структури басейну характеризуються різноманітністю форм і розмірів (по формі це синклінальні та антиклінальні споруди від лінійних до брахіскладок з заляганням шарів порід від горизонтального до майже вертикального);

– відклади карбону виходять безпосередньо на денну поверхню, або перекриті осадовою товщею;

– водоносні горизонти кам'яновугільних відкладів представлені перешаруванням добре і слабо проникливих товщ порід, породи анізотропні;

– найбільш збагаченими водою породами є пісковики та вапняки (пісковики, на відміну від вапняків, мають більшу потужність, у північно-східній частині Дон-басу потужність вапняків збільшується);

– коефіцієнти фільтрації та пористість порід залежать від ступеня їх метаморфізму, положення у рельєфі місцевості та глибини залягання (на глибинах 700-1100м пористість і тріщинуватість значно знижуються);

– коефіцієнти фільтрації порід у зонах численних тектонічних порушень відрізняються від коефіцієнтів фільтрації навколишніх порід;

– умови живлення підземних вод «закритого» карбону істотно залежать від потужності і характеру надкарбонівих відкладів;

– умови живлення підземних вод «відкритого» карбону залежать від характеру шаруватості порід і втрат води на техногенно-навантажених територіях;

– породи мають високу газонасиченість;

– температура порід зростає з глибиною;

Особливості техногенно-порушених умов Донбасу:

– у зоні впливу діючих чи закритих шахт рух підземних вод – просторовий і несталий;

– загальний шахтний водоприплив складається з водоприпливу до гірничих горизонтів (до гірничо-капітальних, гірничопідготовчих та очисних виробок), стовбурів і водоприпливу із суміжних шахт;

– шахтний водовідлив істотно впливає на режим підземних вод усіх водоносних горизонтів (утворюються депресійні воронки, що поширюються далеко за межі шахтних полів);

– при веденні гірничих робіт способом повного обвалення в

очисних виробках відбувається провисання та обвалення порід над їх покрівлею (порушується гірський масив) і змінюються фільтраційні параметри порід;

– після обвалення порід через деякий час відбувається їх ущільнення в залежності від літологічного складу і ступеню метаморфізму;

– порушення гірського масиву під водотоками та водоймищами приводить до поглинання поверхневих вод і проникнення їх у гірничі виробки;

– осідання поверхні землі приводить до збільшення інфільтрації у межах шахтного поля;

– водоприпливи значно коливаються;

– при затопленні шахт стовбури, що не засипані, поєднують поміж собою усі її гірничі виробки;

– затоплення шахт впливає на водоприплив до суміжних шахт і зміну рівня (напору).

4.2 Методика моделювання геофільтрації на території гірничопромислових районів Донбасу

З усіх виділених особливостей території Донбасу щодо моделювання найбільші труднощі з методичної точки зору становлять: обґрунтування оптимального числа розрахункових шарів, відображення шаруватої системи гірських порід, відтворення гірничих виробок на час затоплення шахт, у тому числі збіжок між шахтами, газонасиченість порід моделі [19].

Деякі фактори взагалі не піддаються кількісній оцінці на регіональних моделях:

– вплив дрібних тектонічних порушень при їх підробці та нерівномірна тріщинуватість порід;

– зміна по площі одного розрахункового блоку інфільтраційного живлення підземних вод при шаруватій системі гірських порід;

- зміна активної площі за рік (на моделі задається середня активна площа за визначений період);
- мінливість місця розташування активної площі у розрахунковому блоці моделі;
- роль цілика між ділянками ведення гірничих робіт у одному розрахунковому блоці моделі;
- похиле залягання порід при крупному кроці розбивки.

4.2.1 Відображення шаруватої системи гірських порід

Водоносна структура шаруватої системи гірських порід на моделі відображується як середньозваженими фільтраційними параметрами у розрахункових блоках, так і параметрами взаємозв'язку між розрахунковими шарами.

Визначення числа розрахункових шарів для кожної моделі здійснюється індивідуально з урахуванням:

- характеру водоносної структури (чим більш складною є структура, тим більше потрібно розрахункових шарів у плані та розрізі для її відображення);
- кута падіння порід і кута падіння зон тектонічних порушень (із збільшенням кроку розбивки у плані кут нахилу порід не може бути відображений на моделі, рис. 4.1);
 - зміни коефіцієнту фільтрації кам'яновугільних відкладів з глибиною (чим більше він змінюється по вертикалі, тим більше розрахункових шарів необхідно у розрізі);
 - відстані між горизонтами гірничих робіт і водопрпливу до них (при зближених вугільних шарах число розрахункових шарів можливо зменшити при умові, що при обваленні порід у межах шахтного поля між гірничими горизонтами утворюється єдиний водоносний горизонт, а за його межами водоносні горизонти такої ж потужності можливо об'єднати; при віддалених продуктивних шарах слід уділяти увагу розміру водопрпливу до горизонтів).



Рисунок 4.1 – Апроксимація похилих пластів

При виборі числа розрахункових шарів необхідно приділяти увагу обраному числу розрахункових шарів суміжних моделей (особливо, якщо вони відносяться до однієї водоносної структури).

Схематизація параметрів осадної товщі чи першого від поверхні водоносного горизонту зони інтенсивної тріщинуватості частіше над усе відбувається у гідравлічній постановці – на основі передумови Мятієва-Гірінського (у добре проникних шарах рух підземних вод відбувається по горизонталі, а в слабо проникних шарах – по вертикалі). Схематизація параметрів водовмісної товщі кам'яновугільних відкладів відбувається відносно задачі у гідродинамічній постановці. При цьому неоднорідна область

фільтрації розбивається на об'ємні елементи системою взаємно ортогональних плоскостей по координатах Z (розрахункові шари з шагом ΔZ) і X, Y (розрахункові блоки у межах розрахункових шарів з кроками, відповідно, ΔX і ΔY).

Середньозважені фільтраційні параметри у розрахунковому блоці кожного розрахункового шару залежать від розташування шарів і співвідношення фільтраційних характеристик окремих прошарків.

Система перешарування добре і слабо проникних пластів розрахункових шарів (блоків) замінюється одним пластом з наведеними середньозваженими параметрами по осях X, Y, Z . Рівень (напір) осереднюється у межах кожного розрахункового шару, його середня величина відноситься до центру об'ємного елемента. Рух підземних вод по осі Z відбувається по вертикалі. Розглянемо рівномірну розбивку.

При вертикальному заляганні порід (кут нахилу шарів $\alpha=90^\circ$, рис. 4.2) розрахунок середньозважених значень коефіцієнта фільтрації k_x і k_y по осях X і Y у розрахунковому шарі (блоці) виконується по залежностям, відповідним фільтрації [20]:

паралельно нашаруванню

$$K_{y_i} = K_{z_i} = \frac{\sum k_i h_i}{\sum h_i} = \frac{\sum k_i h_i}{\Delta x} ; \quad K_{y_{i+1}} = K_{z_{i+1}} = \frac{\sum k_{i+1} h_{i+1}}{\sum h_i} = \frac{\sum k_{i+1} h_{i+1}}{\Delta x} ; \quad (1)$$

перпендикулярно нашаруванню

$$K_{x_i} = \frac{\sum h_i}{\sum \frac{h_i}{k_i}} = \frac{\Delta x}{\sum \frac{h_i}{k_i}} ; \quad K_{x_{i+1}} = \frac{\sum h_{i+1}}{\sum \frac{h_{i+1}}{k_{i+1}}} = \frac{\Delta x}{\sum \frac{h_{i+1}}{k_{i+1}}} . \quad (2)$$

Розрахунок коефіцієнту фільтрації $K_{z_i, z_{i+1}}$ по осі Z між блоками суміжних розрахункових шарів виконується по залежності, відповідно фільтрації перпендикулярно шарам з коефіцієнтами фільтрації K_{z_i} і $K_{z_{i+1}}$:

$$K_{z_i, z_{i+1}} = \frac{\Delta z_i + \Delta z_{i+1}}{\frac{\Delta z_i}{K_{z_i}} + \frac{\Delta z_{i+1}}{K_{z_{i+1}}}} . \quad (3)$$

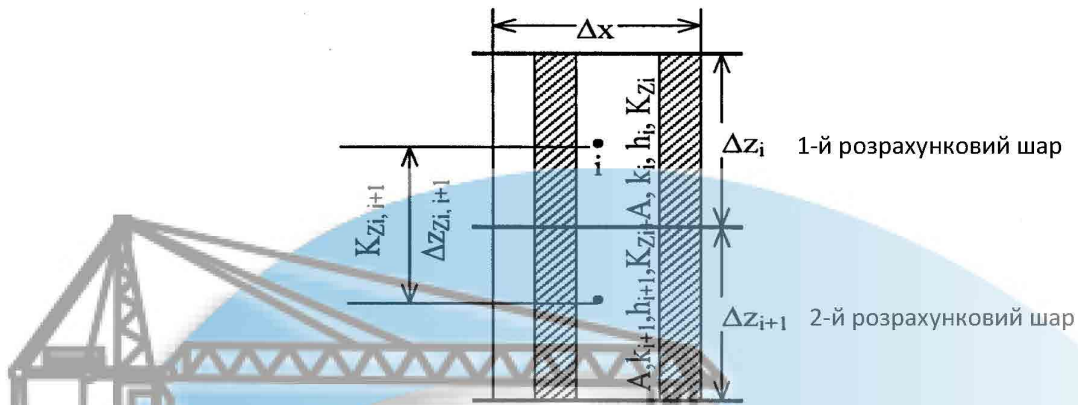


Рисунок 4.2 – Схема вертикального розташування шарів у розрахункових блоках

Параметр взаємозв'язку суміжних розрахункових шарів (TR) по осі Z розраховується по залежності:

$$TR = \frac{K_{z_{i+1}}}{\Delta z_{i,i+1}}; \quad TR = \frac{\Delta z_i + \Delta z_{i+1}}{\frac{\Delta z_i}{K_{z_i}} + \frac{\Delta z_{i+1}}{K_{z_{i+1}}}} \times \frac{1}{0.5(\Delta z_i + \Delta z_{i+1})} = \frac{2}{\frac{\Delta z_i}{K_{z_i}} + \frac{\Delta z_{i+1}}{K_{z_{i+1}}}}; \quad (4)$$

З наведених залежностей середньозважені коефіцієнти фільтрації у блоках по осях X і Y будуть різними за рахунок спрямованості руху підземних вод.

При горизонтальному заляганні шарів середньозважені значення коефіцієнтів фільтрації k_x і k_y по осям X і Y у кожному шарі (блочи) моделі розраховуються по залежності, відповідної фільтрації паралельно нашаруванню (рис. 4.3).

$$K_{x_i} = K_{y_i} = \frac{\sum k_i h_i}{\sum h_i} = \frac{k_i h_i}{\Delta z_i}; \quad (5)$$

$$K_{x_{i+1}} = K_{y_{i+1}} = \frac{\sum k_{i+1} h_{i+1}}{\sum h_{i+1}} = \frac{k_{i+1} h_{i+1}}{\Delta z_{i+1}}$$

і k_z по осі Z по залежності, відповідної фільтрації перпендикулярно нашаруванню:

$$K_{z_i} = \frac{\sum h_i}{\sum \frac{h_i}{k_i}} = \frac{\Delta z_i}{\sum \frac{h_i}{k_i}}; \quad K_{z_{i+1}} = \frac{\sum h_{i+1}}{\sum \frac{h_{i+1}}{k_{i+1}}} = \frac{\Delta z_{i+1}}{\sum \frac{h_{i+1}}{k_{i+1}}}; \quad (6)$$

$$K_{z,i,n} = \frac{\Delta z_i + \Delta z_{i+1}}{\left(\frac{z_i}{K_{z_i}} + \frac{z_{i+1}}{K_{z_{i+1}}}\right)} = \frac{\Delta z_i + \Delta z_{i+1}}{\left(\sum \frac{h_i}{k_i} + \sum \frac{h_{i+1}}{k_{i+1}}\right)}$$

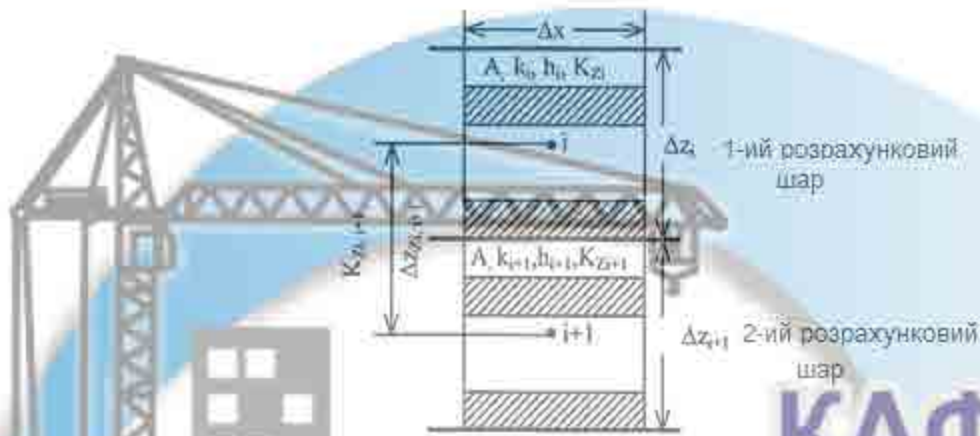


Рисунок 4.3 – Схема горизонтального розташування шарів у розрахункових блоках

Параметр взаємозв'язку суміжних розрахункових шарів по осі Z (TR) розраховується по залежності (4).

При похилому заляганні шарів (рис. 4.4 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**) середньозважені значення коефіцієнтів фільтрації k_x і k_y по осях X і Y для кожного блоку моделі розраховуються по залежностям:

$$\begin{aligned} K'_{x,y} &= K_x \cos^2 \alpha + K_y \sin^2 \alpha, \\ K'_{z,y} &= K_x \sin^2 \alpha + K_y \cos^2 \alpha \end{aligned} \quad (7)$$

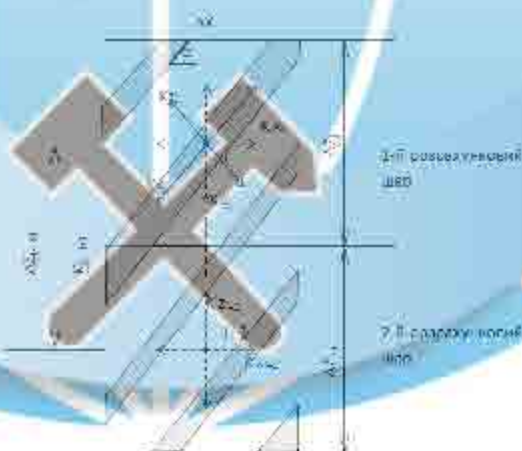


Рисунок 4.4 – Схема похилого розташування шарів у розрахункових блоках

Розрахунок коефіцієнту фільтрації $K_{z,i,n}$ по осі Z між блоками суміжних

розрахункових шарів виконується по залежності, відповідно фільтрації перпендикулярно шарам з коефіцієнтами фільтрації K'_{z_i} і $K'_{z_{i+1}}$:

$$K'_{z_{i+1}} = \frac{\Delta z_i + \Delta z_{i+1}}{\left(\frac{z_i}{K'_{z_i}} + \frac{z_{i+1}}{K'_{z_{i+1}}} \right)} \quad (8)$$

Параметр взаємозв'язку суміжних розрахункових шарів по осі Z за формулою (4).

Для обліку відмінностей коефіцієнтів фільтрації по осям X, Y на моделі вводиться масив коефіцієнтів анізотропії (K_x/K_y). При цьому коефіцієнт анізотропії представляє собою добуток двох коефіцієнтів – природної анізотропії і отриманого в результаті схематизації фільтраційних властивостей порід.

У процесі ведення гірничих робіт в очисних виробках відбувається провисання і обвалення порід над їх покрівлею. На відпрацьованій площі після переходу на новий горизонт і погашення попереднього відбувається подальше обвалення покрівлі очисних і, частково, гірничопідготовчих виробок. Залишаються не обваленими тільки гірничо-капітальні виробки. Підземна вода з погашених горизонтів надходить у горизонти, з яких вона відкачується, якщо шахта експлуатується. При затопленні шахт вона спочатку заповнює вироблений простір нижніх горизонтів. Для відображення процесів, що відбуваються при веденні гірничих робіт, у розрахункових блоках моделі необхідно у часі змінювати: коефіцієнти фільтрації розрахункових шарів по осях X, Y , параметри взаємозв'язку підземних вод з гірничими виробками, параметри взаємозв'язку суміжних розрахункових шарів і коефіцієнти водовіддачі. При зміні активної річної площі шахтного поля параметри теж повинні змінюватися.

4.2.2 Моделювання фільтраційних процесів в умовах затоплення шахт

При моделюванні гідродинамічна система в умовах експлуатації шахт представляється як єдина система. При цьому як рівні, так і водопритливи до шахт на моделі вираховуються з визначеним ступенем вірогідності.

Гідродинамічна система в умовах затоплення шахт представляється двома взаємозалежними системами [21]. Перша – система гірничих виробок разом з зонами обвалення і штучних тріщин, водопровідних зон природної тектонічної тріщинуватості; друга – система навколишніх слабо проникних гірських порід. Коефіцієнт фільтрації навколишніх гірських порід значно менше коефіцієнту фільтрації техногенно-порушеного масиву, особливо на значних глибинах. Видобуток вугілля у Донбасі приводить до виділення великого об'єму газу в виробки. За рахунок наявності газів водопроникність порід, що оточують гірничі виробки, може зменшуватися. Якщо першу систему на моделі відобразити відповідними коефіцієнтами фільтрації і ємності, то отримані в результаті моделювання рівні підземних вод у блоках з гірничими виробками будуть рівнями першої системи. Після заповнення підземною водою цієї системи навколишні гірські породи почнуть насичуватися і отримані на моделі рівні підземних вод будуть характерні для другої системи.

Відображення першої системи на регіональних моделях при значному кроці сіткової розбивки буде давати велику погрішність у швидкості підйому рівнів. На локальних моделях обидві системи можуть бути відображені точніше. При затопленні шахти, якщо стовбур водовідливної установки не засипають і не перекривають, то у нижній горизонт гірничих робіт по стовбуру надходять підземні води з усіх верхніх горизонтів. При цьому затоплюються гірничі виробки, що не обрушені (капітальні і підготовчі) і обрушені очисні, відбувається підйом рівня у стовбурі, в якому розташовані водовідливні прилади, і в поєднаних з ним стовбурах. Газоводонасичена суміш з гірничих виробок почне виштовхуватися по найбільш

водопроникним зонам нагору. Як тільки вода по стовбурам підніметься до наступного горизонту, почнеться заповнення його виробок. Якщо якийсь горизонт поєднаний збіркою з іншою шахтою, то почнеться перелив підземних вод до цієї шахти і т. д. Поблизу поверхні землі, де є вихід гірничих виробок до поверхні, чи у знижених місцях, де підроблені породи, підйом підземних вод може викликати підтоплення, появу джерел і навіть затоплення земель.

Підземні води, що підходять до поверхні по стовбурах, що не мали водовідливних приладів, та по зонах тектонічних порушень, повинні мати більшу мінералізацію, ніж ті, що надходять по стовбуру з водовідливними приладами, бо він збирає менш мінералізовану підземну воду з верхніх горизонтів.

Підземна вода, що надійшла на перший від поверхні горизонт гірничих робіт, якщо стовбур з водовідливною установкою засипаний чи перекритий залізобетонною плитою на першому гірничому горизонті, піде на затоплення його гірничих виробок і процес, який описано вище, значно прискориться.

Для остаточних висновків стосовно процесу затоплення шахт необхідні режимні спостереження за рівнями підземних вод в умовах закриття шахт та локальні моделі у межах шахтних полів.

4.2.3 Моделювання гірничих виробок шахт

Горизонти ведення гірничих робіт на етапі експлуатації шахт задаються граничною умовою 3-го роду. Параметр взаємозв'язку підземних вод з недосконалими гірничими виробками визначається при вирішенні оберненої задачі на підставі фактичного перевищення рівня підземних вод над горизонтами відпрацьовування. Крім того, при моделюванні гірничих виробок необхідно враховувати відповідність активної площі ведення гірничих робіт розміру розрахункового блоку:

$$\Delta H_2 = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{r_{\text{бл}}}{r_e},$$

де ΔH_2 – перевищення рівня, яке викликане невідповідністю площі ведення гірничих робіт і площі розрахункового блоку, r_2 – радіус річної площі ведення гірничих робіт, $r_{\text{бі}}$ – приведений радіус розрахункового блоку, Q – водоприплив до шахти, T – водопровідність порід розрахункового шару.

Ступінь недосконалості гірничих виробок при відсутності зведень про фактичне перевищення рівня підземних вод над горизонтами відпрацьовування може бути визначена розрахунковим шляхом по аналогії з недосконалою свердловиною по залежності:

$$\Delta H_1 = \frac{Q}{2\pi T} \cdot \xi_1,$$

де Q – сумарний погоризонтний водоприплив у межах розрахункового блоку, м³/добу; T – водопровідність розрахункового шару, м²/добу; ξ_1 – опір, що залежить від відношення сумарної потужності зони обвалення і зони тріщин до потужності розрахункового шару і відношення потужності розрахункового шару до приведенного радіуса розрахункового блоку.

На моделі параметр взаємозв'язку підземних вод з гірничими виробками для кожного розрахункового шару встановлюється на етапі рішення оберненої задачі при підборі розрахункового перевищення рівня ($\Delta H_1 + \Delta H_2$).

В умовах затоплення шахт відтворення процесу затоплення на моделі можна здійснювати двома способами:

1. В розрахунковому шарі на останньому горизонті відпрацьовування відключаються граничні умови 3-го роду. На останньому горизонті в блоці зі стовбуром, де розташована водовідливна установка, задаються сумарні витрати з усіх верхніх гірничих горизонтів (гранична умова 2-го роду). Далі дії поступово повторюються для вищих розрахункових шарів з гірничими горизонтами, яких досяг рівень підземних вод у блоці зі стовбуром.

2. Одночасно відключаються граничні умови 3-го роду на усіх горизонтах відпрацьовування.

Перший спосіб рекомендується вживати, якщо горизонти відпрацьовування розташовані на відстані значно більшій потужності зон

обвалення і тріщинуватості. Другий – якщо горизонти відпрацьовування розташовані на відстані менш потужності зон обвалення та тріщинуватості і осушення гірських порід відбувається на глибину останнього горизонту, або якщо стовбур, де розташована водовідливна установка, засипаний.

На основі вищенаведеного, величина підйому рівня підземних вод у блоці зі стовбуром при затопленні шахти залежить: від його стану (засипаний він, чи ні); від об'єму простору незруйнованих гірничих виробок; фільтраційних параметрів порід зони обвалення (коефіцієнт фільтрації та ємність); водопритоку до гірничих горизонтів на час закриття шахти, який залежить від фільтраційних параметрів навколишніх порід і умов живлення підземних вод, від взаємозв'язку з іншими шахтами.

Взаємозв'язок між шахтами при затопленні однієї із них на моделі відтворюється граничною умовою 3-го роду на горизонті, з якого вода надходить, і 2-го роду – на горизонті, куди подається.

4.3 Створення математичної моделі східної групи шахт Західного Донбасу

Метою створення моделі є прогноз формування гідрогеологічного режиму підземних вод в межах шахтних полів «Ювілейна» та «Степова» відповідно до графіку їх вибуття з експлуатації з урахуванням можливих варіантів водорегулювання і природоохоронних заходів на поверхні. Для моделювання гідрогеологічного режиму закриття шахт використовується один з найсучасніших методів дослідження – метод чисельного математичного моделювання геофільтраційних процесів з використанням програмного комплексу Visual MODFLOW.

При обґрунтуванні розрахункової схеми моделі проаналізовані та використані наступні матеріали: плани гірничих робіт по пластам c_6 та c_6^1 , карти гіпсометрії поверхні землі, покрівлі та підшви вугільних пластів, гідрогеологічні карти на різні часові періоди, дані про фільтраційні та ємнісні параметри порід, результати режимних спостережень за водопритоками в

гірничі виробки та рівнями підземних вод, інформаційні звіти про результати режимних гідрогеологічних спостережень по відомчій мережі спостережних свердловин ПрАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ».

Поля шахт «Степова» та «Ювілейна» розташовані в східній частині вуглепромислового району Західного Донбасу (рис. 4.5) на території Петропавлівського району Дніпропетровської області України та межують з діючою шахтою «Дніпровська» та шахтами «Першотравнева» й ім. М.І. Сташкова, перша з яких закрита у 2005 р., а друга – в стадії затоплення та ліквідації.

Поблизу розташовані міста Першотравенськ, Павлоград, смт. Петропавлівка, а в межах шахтних полів проходить залізниця Павлоград-Красноармійськ та автомагістраль Донецьк-Дніпро (рис. 4.6).

Площа поля шахти «Степова» складає 79,1 км², протяжністю 10 км за простяганням та 7,91 км за падінням. Початок водовідливу – 1960 р., експлуатації – 1965 р.



Рисунок 4.5 – Схема розташування шахтних полів Західного Донбасу

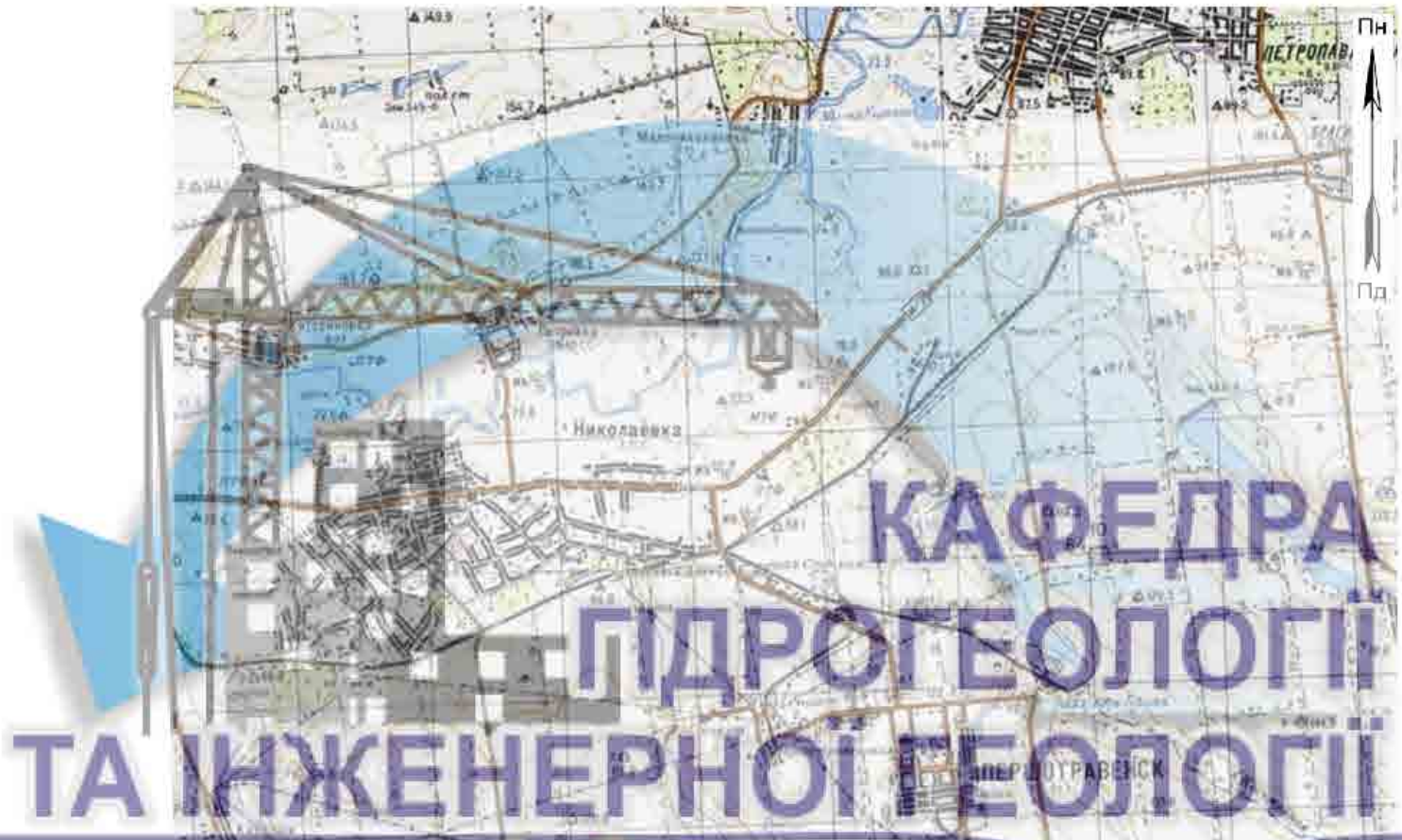


Рисунок 4.6 – Топографічна схема району досліджень

Шахта «Ювілейна» введена в експлуатацію в 1970 році, початок водовідливу – 1965 р. Загальна площа шахтного поля близько 72,59 км².

Основними промисловими пластами шахт є пласти c_5^1 та c_6 .

В геоморфологічному відношенні площа шахтного поля «Степова» є рівнина з балками та ярами, що належить до басейну р. Самара. Абсолютні позначки поверхні землі змінюються від +72,3 м до +131,3 м. Гідрографічна мережа представлена річкою Самара, низкою заплавних озер та боліт, а також пересихаючим струмком в б. Лозова. Річка Самара в межах площі шахтного поля сильно меандрує. В період весняного паводка, який триває 15-20 діб, р. Самара затоплює значну частину заплави і утворює заплавні болота і озера. Решту часу річка пересихає і перетворюється в ряд плес, не пов'язаних між собою.

В межах гірничого відводу шахти «Степова» затверджений ландшафтний заказник загальнодержавного значення «Петропавлівські

лимани» з метою збереження заплавної частини долини річки Самари з типовою луговою, солончаковою рослинністю та вузько долинними заплавами природними і штучними лісами.

Максимальні відмітки поверхні (+145м) шахтного поля «Ювілейна» приурочені до крайньої південно-східної частини площі, мінімальні – до долини балки Косьмінна (+81м). В балці Косьмінна розташований ставок-накопичувач (графічний додаток 2), куди скидається близько 15305,4 тис. м³ шахтних вод ш. «Степова» та «Ювілейна» з мінералізацією близько 4,78 г/дм³ [22].

4.3.1 Систематизація контрольних даних для рішення задач ідентифікації

Провідним фактором у формуванні природної та техногенної гідродинамічної обстановки шахтних полів є геолого-структурний фактор. Відповідно, вугільні пласти типізуються як «відкриті» та «закриті», що визначає величину шахтних водопритоків.

Шахти «Степова» та «Ювілейна» належать до «напіввідкритого типу», де відпрацьовуються вугільні пласти як «закритого» типу, котрі не мають гідравлічного взаємозв'язку з обводненими покривними відкладами в межах шахтного поля, так і «відкриті» вугільні пласти, що мають гідравлічний взаємозв'язок з обводненими покривними відкладами в межах частини шахтного поля (рис. 4.7).

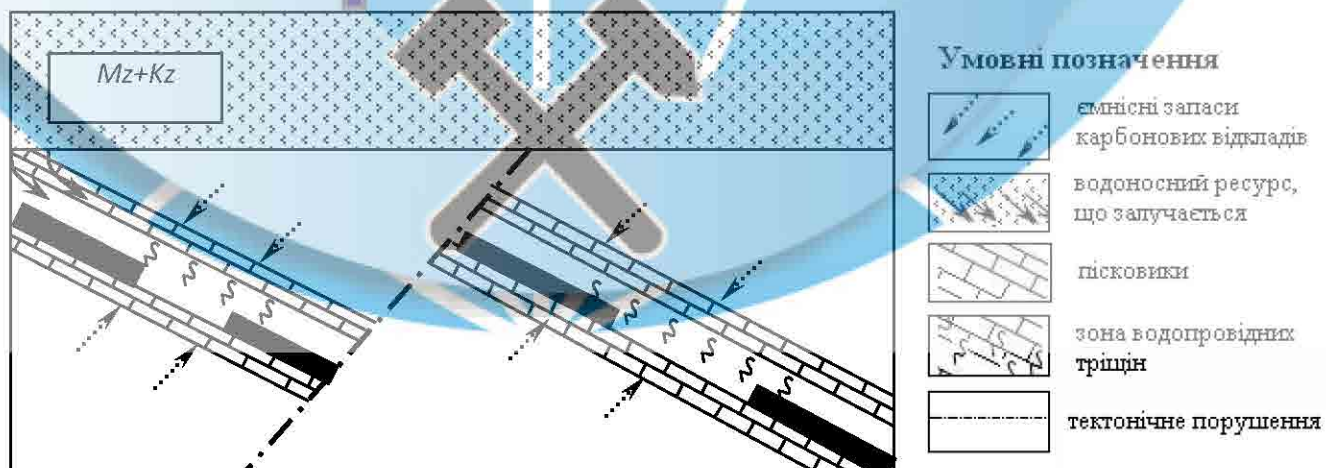


Рисунок 4.7 – Гідродинамічна схема «напіввідкритого типу»

Гідродинамічно відкритими є бремсбергові частини шахтних полів (блок 1, верхній), що тектонічними порушеннями відокремлюються від за «закритих» блоків 2 і 3 (середнього і нижнього). Підтвердженням основної ролі геолого-структурного фактору в формуванні обводнення шахтного поля є фактичні дані щодо величин водопритоків в гірничі виробки шахтних полів (табл. 4.1), де максимальні притоки води зафіксовані в блоці 1.

Таблиця 4.1 – Формування водопритоків в межах шахтних полів (2020 р)

| Схема шахто-пластів | ш. «Степова» | | ш. «Ювілейна» | |
|--|--------------|---------------------------------|---------------|---------------------------------|
| | Горизонт, м | Водоприток, м ³ /год | Горизонт, м | Водоприток, м ³ /год |
| Відкрита (блок 1, верхній) | 145 | 499 | 210 | 668 |
| Закрита (блок 2, середній) | 210 | 152 | 250 | 270 |
| | 300 | 116 | | |
| Закрита (блок 3, нижній) | 490 | 134 | | |
| Загальний водоприток по шахті, м ³ /год | | 900 | | 937 |

Приток води в гірничі виробки шахти «Степова» впродовж експлуатації змінювався від 215 м³/год до 1239 м³/год (рис. 4.8), шахти «Ювілейна» – від десятків до 1053 м³/год (рис. 4.9)



Рисунок 4.8 – Динаміка водопритоків по шахті «Степова»

Залучення до водовідливу шахт «Степова» та «Ювілейна» додаткових ресурсів підземних вод покривної товщі підтверджується невеликою мінералізацією шахтних вод 2,5...6,0 г/дм³ (шахта «Степова») та 2,0...3,7 г/дм³ (шахта «Ювілейна») в порівнянні з мінералізацією вод ш. «Дніпровська» (до 19 г/дм³), що є гідродинамічно «закритою» (рис. 4.10).

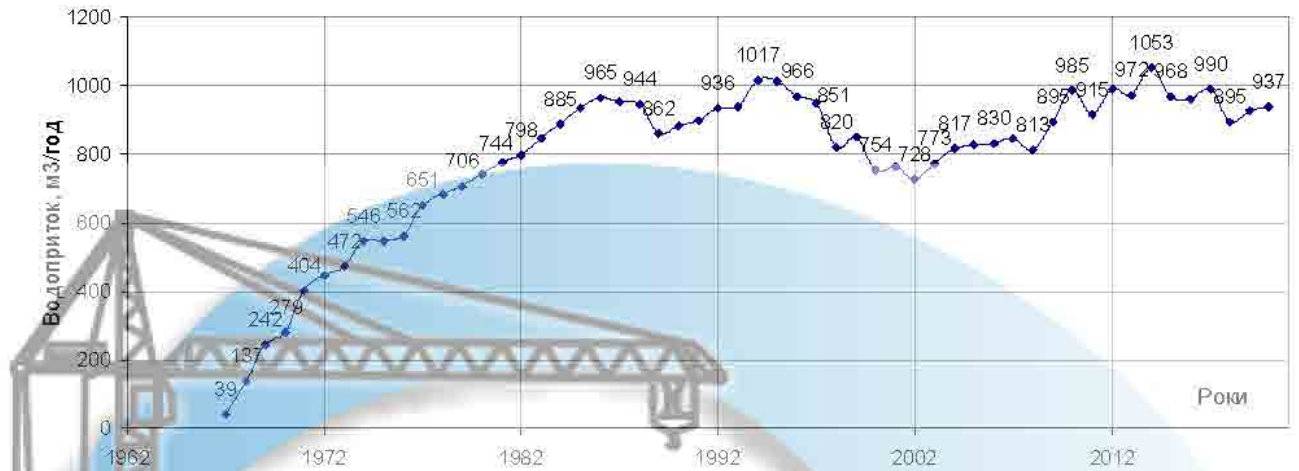


Рисунок 4.9 – Динаміка водопритоків по ш. «Ювілейна»

При відпрацюванні вугільних запасів з обваленням покрівлі очисних виробок на площі шахтного поля сформувались мульд зрушення, в тому числі в заплаві річки Самари з величинами осідань до 1,44 м.

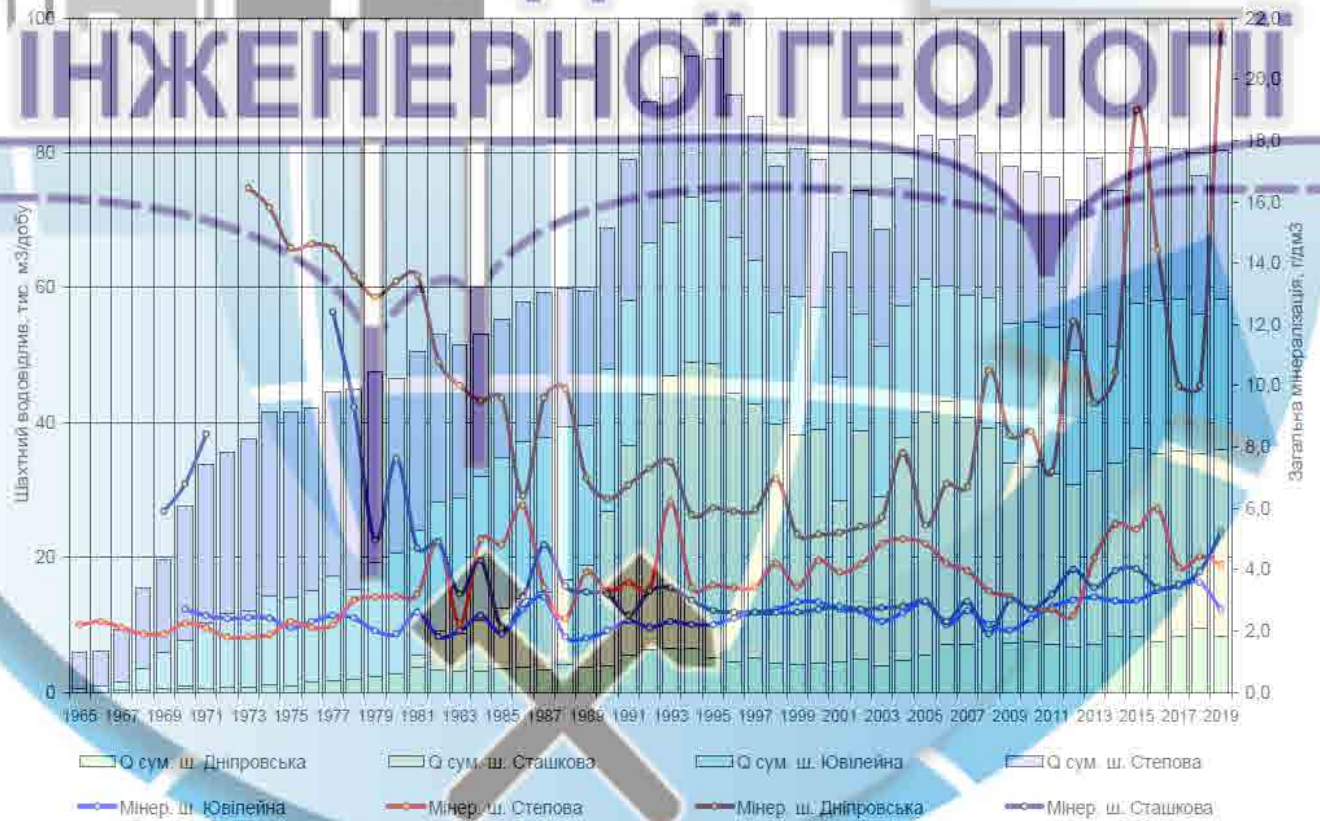


Рисунок 4.10 – Зміна водопритоків та мінералізації шахтних вод Східної групи шахт Західного Донбасу [22]

В межах шахтних полів Західного Донбасу є повний цикл спостережень за режимом підземних вод від природного до порушеного (в умовах

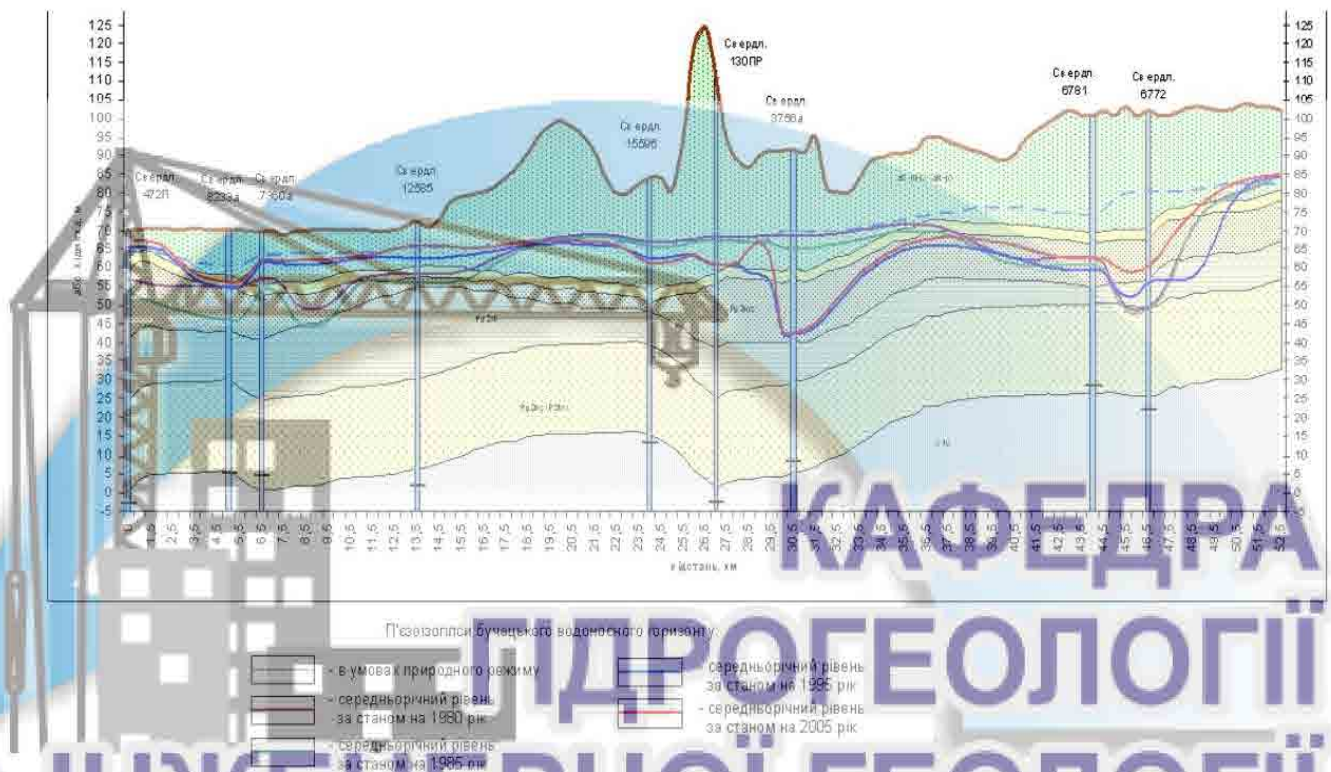
та с₆¹.

Рисунок 4.12 – Схематичний гідродинамічний профіль Західного Донбасу (Зх-Сх) зі зміною рівня підземних вод буцацького горизонту під впливом шахтного водовідливу

Таблиця 4.2 – Дані режимних спостережень моніторингової мережі станом на 2020 рік [22]

| Зона розташування | №№ свердл. | Абс.відм. свердл. | Глибина до РПВ* | Водоносн. горизонт | Абс.від м. РПВ* |
|-----------------------|------------|-------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| Шахта «Степова» | 260ПР | 74,54 | 1,05 | aQ | 73,49 |
| | 262ПР | 74,55 | 1,63 | P_{3mz} | 72,92 |
| | 251ПР | 77,12 | 1,49 | aQ | 75,63 |
| | 252ПР | 77,14 | 1,56 | P_{3mz} | 75,58 |
| | 253ПР | 77,13 | 1,69 | P_{2bc} | 75,44 |
| Шахта «Ювілейна» | 248ПР | 89,56 | 13,88 | P_{3mz} | 75,68 |
| | 249ПР | 89,57 | 13,57 | P_{3br} | 76,00 |
| | 250ПР | 89,58 | 17,72 | P_{2ob} | 71,86 |
| | 232ПР | 105,04 | | | |
| | 233ПР | 104,97 | 22,76 | P_{3mz} | 82,21 |
| | 234ПР | 107,77 | 21,78 | P_{3br} | 85,99 |
| Шахта «Першотравнева» | 23653 | 123,12 | 5,01 | aQ | 118,11 |
| | 15238a | 80,43 | 28,09 | P_{2bc} | 52,34 |
| | 6771 | 103,65 | 52,36 | C_{1v} | 51,29 |
| | 6772 | 103,70 | 45,79 | P_{2bc} | 57,91 |
| | 14751a | 85,16 | 13,13 | P_{2ob} | 72,03 |

| Зона розташування | №№ свердл. | Абс. відм. свердл. | Глибина до РПВ* | Водоносн. горизонт | Абс. від м. РПВ* |
|-------------------|------------|--------------------|-----------------|--------------------|------------------|
| | 14750 | 85,01 | 22,77 | P_{2bc} | 62,24 |
| | 6378 | 109,64 | 34,31 | C_{1v} | 75,33 |
| | 6379a | 109,72 | 34,52 | P_{2bc+ob} | 75,20 |
| | 6380 | 109,72 | 31,99 | P_{3br} | 77,73 |
| | 6381 | 109,44 | 31,85 | N_{1pl} | 77,59 |
| Балка Косьмінна» | 136ПР | 79,03 | 3,92 | P_{2bc} | 75,11 |
| | 137ПР | 79,01 | 0,59 | P_{2ob} | 78,42 |
| | 138ПР | 78,97 | 0,21 | P_{3mz} | 78,76 |
| | 139ПР | 79,03 | 1,21 | aQ | 77,82 |
| | 215ПР | 88,32 | 4,65 | P_{3mz} | 83,67 |
| | 216ПР | 88,30 | 4,55 | P_{3br} | 83,75 |
| | 217ПР | 87,30 | 1,43 | P_{3mz} | 85,87 |
| | 218ПР | 87,27 | 0,4 | P_{3br} | 86,87 |

*РПВ – рівень підземних вод

4.3.2 Обґрунтування розрахункової гідродинамічної схеми

Об'єкт дослідження представлений вуглевмісними відкладеннями в межах полів шахт «Степова» та «Ювілейна», що відпрацьовують вугільні пласти c_6 та c_6^1 за простяганням, та пов'язаним з ними комплексом водоносних порід покривних відкладень.

Розміри моделі з урахуванням існуючого впливу гірничих робіт визначені у плані в прямокутних координатах 0,0...18800,0 м в широтному напрямку і 0,0...10800,0 м – в меридіональному, загальна площа моделі в межах її гідродинамічних границь складає – 125,64 км² (рис. 4.13).

Область дослідження апроксимована сіткою 94×54 розрахункових блоків розміром 200×200 м, що дозволило з достатньою точністю відобразити конфігурацію ділянок шахтних полів і контури природних гідродинамічних границь. Останніми виступають: на півночі і сході – вододільне плато долини р. Самара в границях шахтних полів шахт «Степова» і «Ювілейна», на заході – р. Самара з її притоками, на півдні – контур виходу продуктивного кам'яновугільного пласту під покривні водовмісні відкладення палеогенового віку (рис. 4.13).

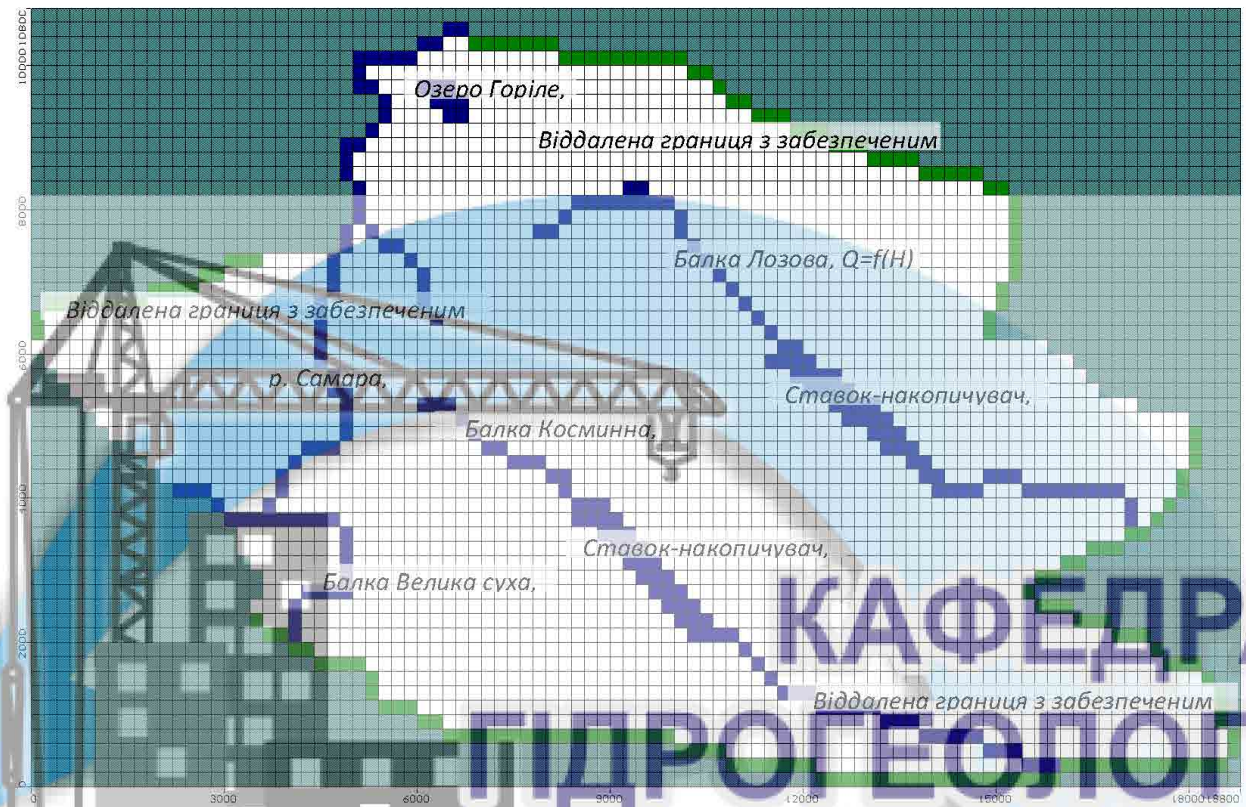


Рисунок 4.13 – Геометрія області моделювання в межах полів шахт «Степова» і «Ювілейна»

У вертикальному розрізі модель шахтних полів «Степова» та «Ювілейна» представлена 10-ти шаровою товщею (рис. 4.14), що складається з покривних мезокайнозойських (розрахункові шари 1...3) та кам'яновугільних відкладень (розрахункові шари 4...10), де останні відповідають пластам c_6 та c_6' і за тектонічною схемою представлені трьома блоками та поділяючою їх товщею гірських порід. Розрахункові шари включають наступні водоносні комплекси та слабопроникні відклади:

- 1-й розрахунковий шар – водоносний комплекс алювіальних відкладів (заплава й надзаплавні тераси (aQ_{2-4} , aN)) та відкладів полтавської, берекської і сарматської свит (N_1s , N_1Pl , P_3br), що представлені різнозернистими пісками;
- 2-й розрахунковий шар – слабопроникні глинисті піски відкладів харківської серії (P_3hr);
- 3-й розрахунковий шар – водоносний комплекс покривних буцацько-

київських відкладень ($P_3hr + (P_2kv + P_2bc)$);

- 4...10-й розрахункові шари – кам'яновугільні породи, де 4, 6, 8, 10 розрахункові шари – слабопроникні, що складені перешаруванням вугілля, пісковиків, вапняків, аргілітів і алевролітів; 5, 7, 9 розрахункові шари – водоносні комплекси, що характеризують відпрацьовані вугільні пласти C_6 та C_6^I , палеорулові пісковики та зону водопровідних тріщин, відповідно у нижньому, середньому та верхньому блоках.



Рисунок 4.14 – Схематичний розріз моделі

Зовнішні і внутрішні гідродинамічні границі в чисельній моделі представлені граничною умовою III роду ($Q = f(H)$), причому, зовнішні гідродинамічні границі моделі верхнього шару мезокайнозойських відкладень задані за лініями рівних напорів (див. рис. 4.13), а внутрішні – відображають умови розвантаження підземного потоку в річку Самара та поверхневі водойми: ставки в балці Космінна та Лозова, озера і водотоки.

Зовнішні гідродинамічні межі розрахункових шарів кам'яновугільної товщі співпадають з межами шахтного поля, які встановлені вздовж зон тектонічних порушень. На заході це Петропавлівський, Петропавлівський № 2 та Шевченківський скиди, на півночі – Брагинівський скид, сході – скиди Петропавлівський та Лозовий. Вони є непроникними екранами на шляху

фільтрації підземних вод ($Q=0$). Південна границя моделі відображає зону виходу пластів c_6 та c_6^1 під буцацький водоносний горизонт, яка частково захоплює поле шахти «Першотравнева».

Внутрішні границі моделі – гірничі виробки, які є контуром дренажу зі зниженням рівня підземних вод на позначці підшви вугільного пласта, і які в чисельній моделі також задані граничною умовою III роду $Q = f(H)$.

У відповідності до структурно-тектонічної будови шахтних полів зближені вугільні пласти c_6 та c_6^1 умовно розділені на три блоки, кожен з яких розглядається як окремий розрахунковий шар, що має свої умови живлення і розвантаження (рис. 4.15...4.18).

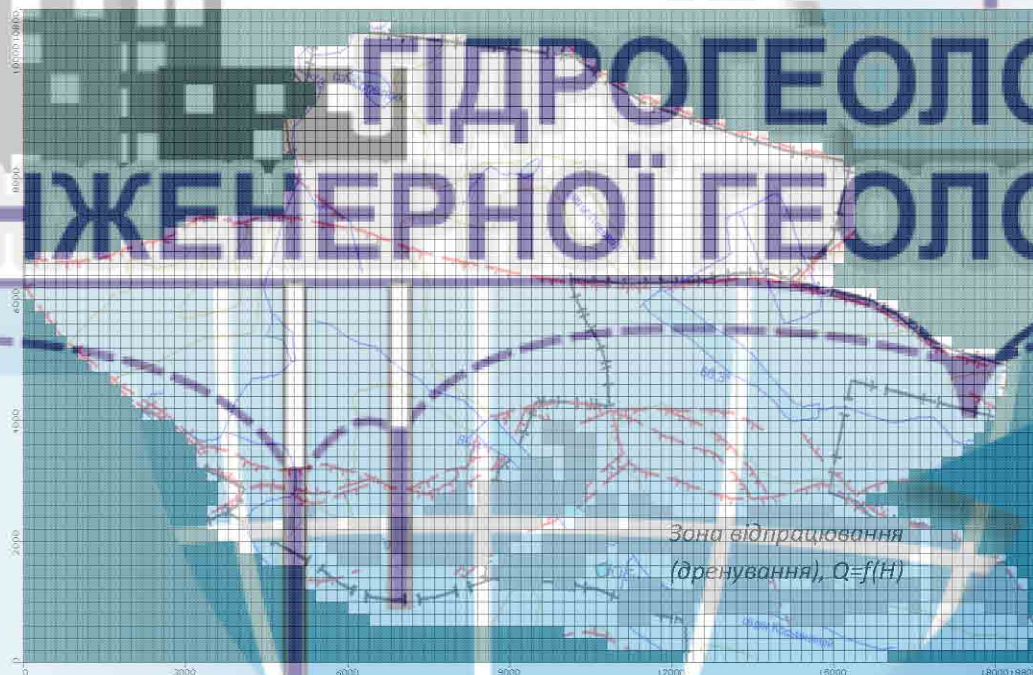


Рисунок 4.15 – Зони відпрацювання (дренування) кам'яновугільної товщі – блок 1 (верхній, розрахунковий шар 9)



Рисунок 4.16 – Зони відпрацювання (дренування) кам'яновугільної товщі – блок 2 (верхній, розрахунковий шар 7)

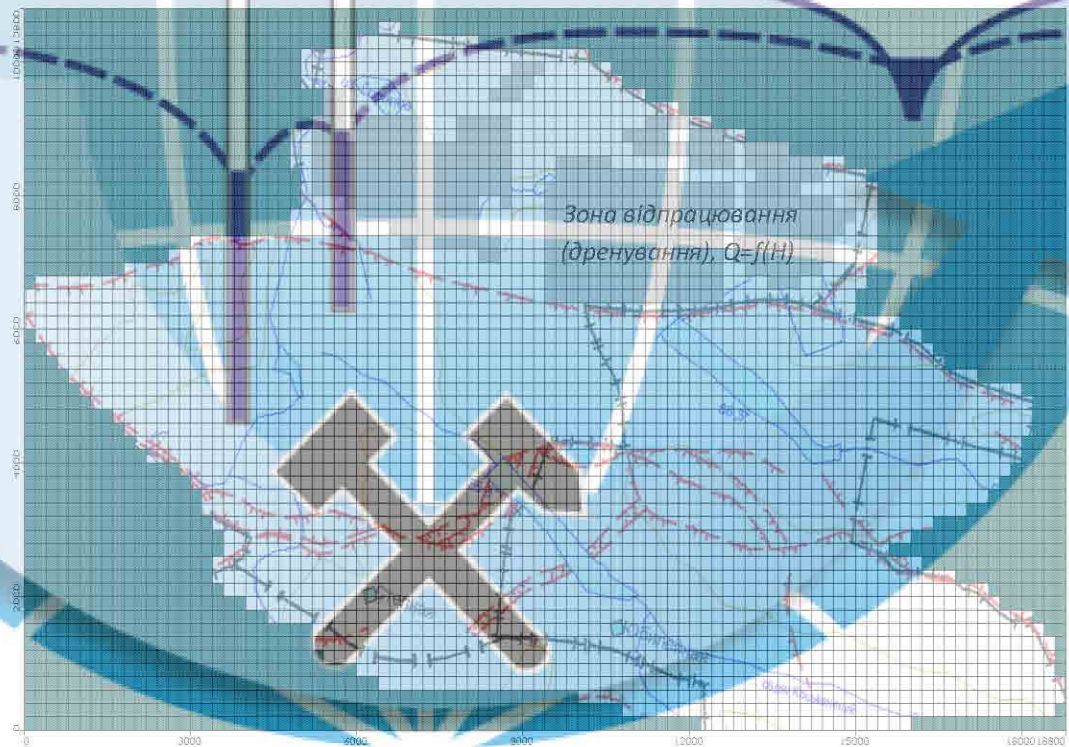


Рисунок 4.17 – Зони відпрацювання (дренування) кам'яновугільної товщі – блок 3 (нижній, розрахунковий шар 5)

Пд

Пн

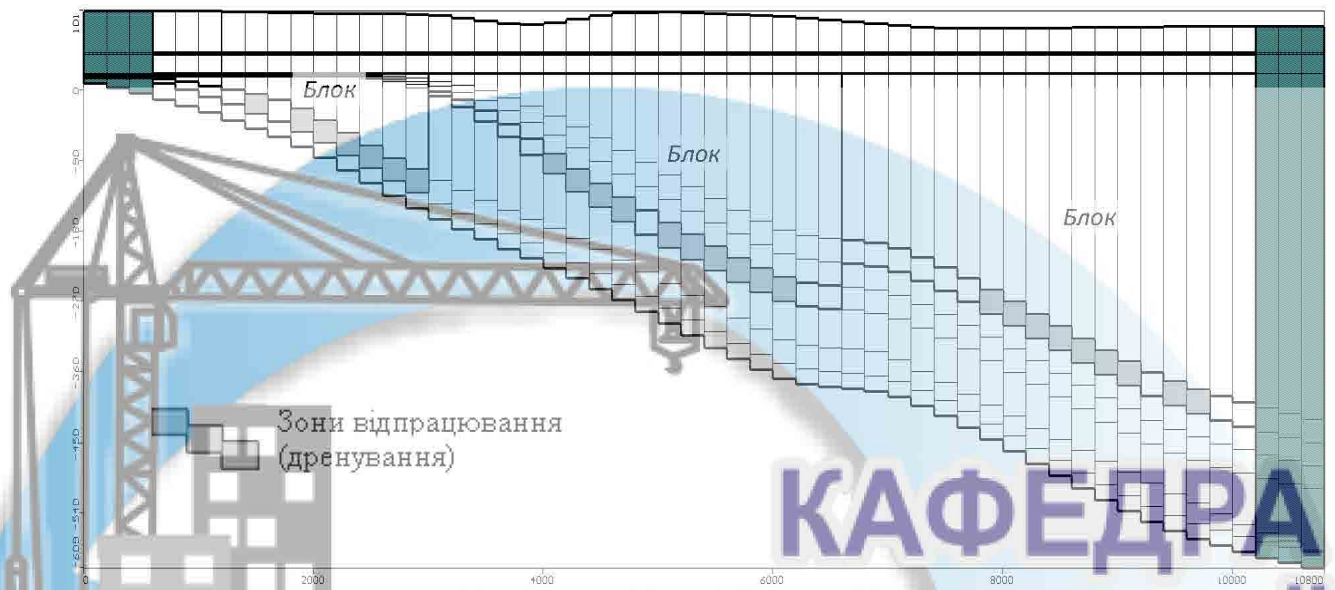


Рисунок 4.18 – Зони відпрацювання (дренування) кам'яновугільної товщі у вертикальному перерізі

Представлена схема чисельної моделі дозволяє врахувати

гідродинамічний зв'язок кам'яновугільної товщі та бучацько-київського водоносного комплексу, а також кількісно оцінити їх порушений режим.

Для створення масивів вхідної інформації використані карти гіпсометрії поверхні землі, покрівлі та підшви вугільних пластів, гідрогеологічні карти на різні часові періоди, дані про фільтраційні параметри порід, результати режимних спостережень.

Значення розрахункових гідродинамічних параметрів – коефіцієнта фільтрації, гравітаційної і пружної водовіддачі, які прийняті до розрахунку і уточнені в процесі вирішення обернених задач, наведені в табл. 5.1, а їх планова зональність представлена на рис. 4.19...4.21.

Таблиця 4.3 – Розрахункові гідродинамічні параметри чисельної моделі

| Зона розрахункового шару | Гідродинамічні параметри | | |
|---|---|---|---|
| | Коефіцієнт фільтрації, $K (K_x = K_y / K_z)$, м/добу | Коефіцієнт гравітаційної водовіддачі, μ , дол. од. | Коефіцієнт пружної водовіддачі, μ^* , дол. од. |
|  | 0,5 / 0,5 | 0,15 | 0,001 |
|  | 6,0 / 6,0 | 0,15 | 0,001 |
|  | 0,01 / 0,001 | 0,02 | 0,00001 |
|  | 0,1 / 0,01 | 0,1 | 0,00001 |
|  | 0,1 / 0,01 | 0,1 | 0,00001 |
|  | 0,1 / 0,01 | 0,05 | 0,001 |
|  | 0,01 / 0,0001 | 0,02 | 0,00001 |
|  | 0,01 / 0,001 | 0,02 | 0,00001 |
|  | 1,5 / 1,5 | 0,15 | 0,001 |
|  | 0,005 / 0,00005 | 0,02 | 0,00001 |
|  | 0,1 / 0,01 | 0,1 | 0,00001 |
|  | 0,02 / 0,002 | 0,02 | 0,00001 |
|  | 0,05 / 0,0005 | 0,02 | 0,00001 |
|  | 0,005 / 0,00005 | 0,02 | 0,00001 |
|  | 0,012 / 0,00012 | 0,02 | 0,00001 |

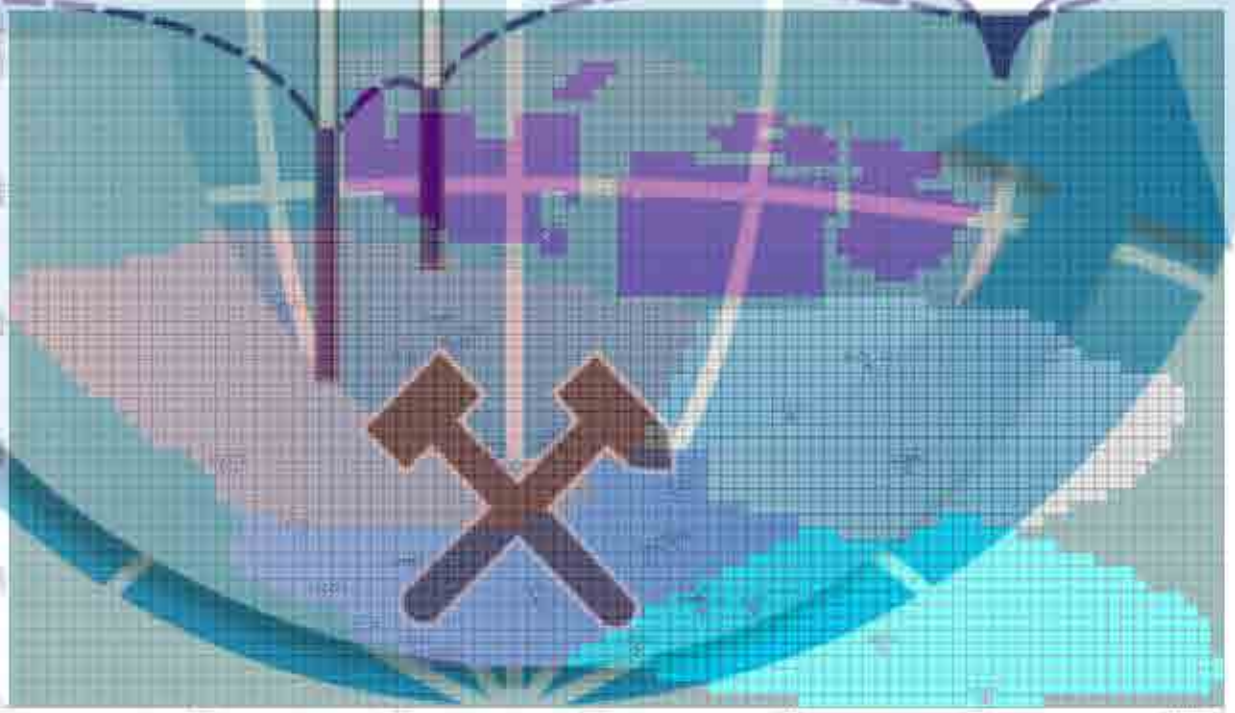


Рисунок 4.19 – Зональність фільтраційних властивостей вуглевмісних відкладень кам'яновугільного віку (розрахунковий шар 5, умовні позначення в табл. 4.3)

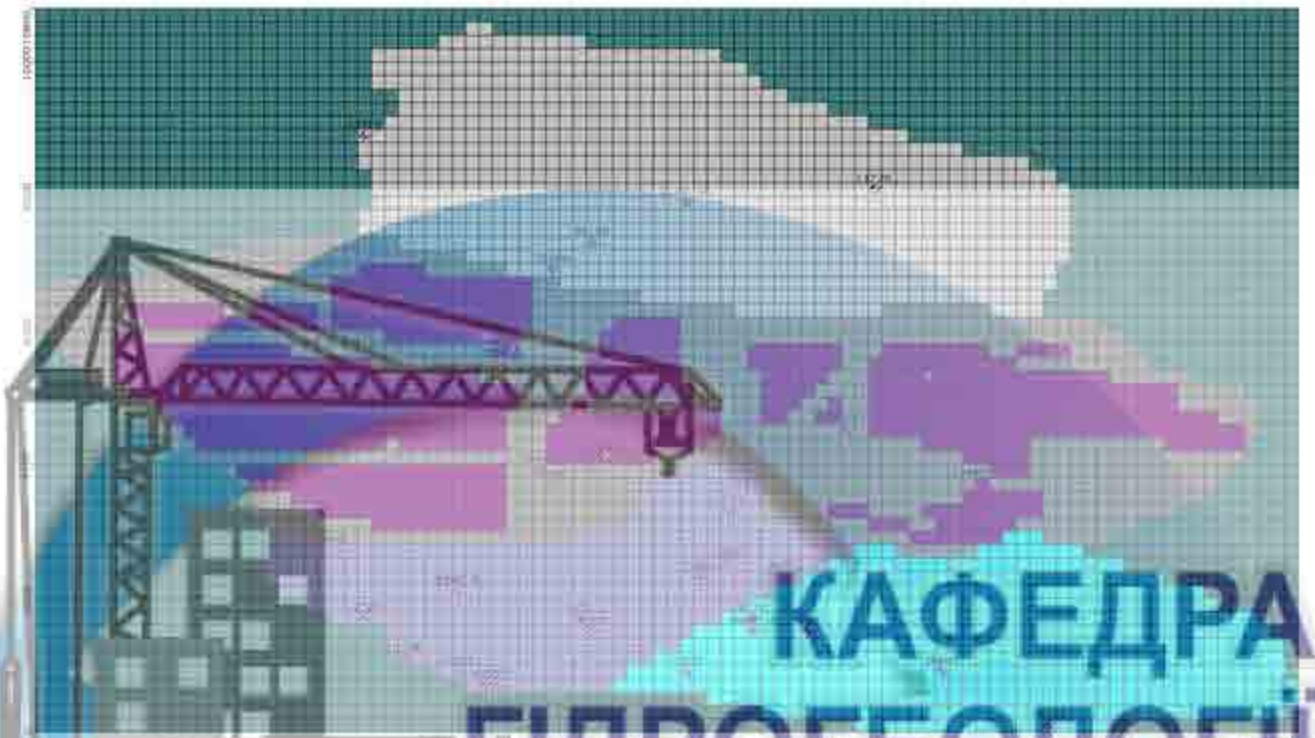


Рисунок 4.20 – Зональність фільтраційних властивостей вуглевмісних відкладень кам'яновугільного віку (розрахунковий шар 7, умовні позначення в табл. 4.3)



Рисунок 4.21 – Зональність фільтраційних властивостей вуглевмісних відкладень кам'яновугільного віку (розрахунковий шар 9, умовні позначення в табл. 4.3)

Інфільтраційне живлення по площі моделі встановлено на рівні 13,0 мм/рік, що становить близько 2,5 % від загальної кількості атмосферних опадів, рівної середній багаторічній нормі 522 мм/рік [22].

Виділення в межах досліджуваної території істотно різних за живленням ділянок не виконувалось, оскільки частка атмосферних опадів, що надходить на рівень підземних вод, в розглянутих умовах визначається різноспрямованою дією сукупності факторів – характеру рельєфу, наявності рослинності, ухилів денної поверхні, проникності порід зони аерації та інш.

Методикою геофільтраційного моделювання передбачається вирішення епігнозних або обернених задач в природній і порушеній гірничими роботами гідродинамічних обстановках з метою ідентифікації моделі і досліджуваного об'єкта. В результаті їх вирішення за положенням у плані і розрізі рівнів підземних вод, а також величин водопритоків в гірничі виробки уточнюються граничні умови моделі, її фільтраційні і ємнісні параметри.

Остаточна оцінка результатів ідентифікації виконувалась за даними функціонування досліджуваного об'єкта, тобто встановлювалась функціональна відповідність, при якій на моделі відтворюються процеси, фактичні дані про перебіг яких були зафіксовані в натурних умовах. Для цього задавались контури дренажу згідно з планами гірничих робіт в періоди, де зафіксовані характерні зміни величин водопритоків, а також є дані режимних спостережень.

Для вирішення обернених нестационарних задач виділено 6 періодів в роботі шахт «Степова» та «Ювілейна»: 1963-1978 рр., 1978-1986 рр., 1986-1994 рр., 1994-2002 рр., 2002-2010 рр. 2010-2020 рр. (рис. 4.22), для яких зафіксовані найбільш характерні тенденції у зміні водопритоків.

У якості контрольних використовувались фактичні дані про величини водопритоків в гірничі виробки шахт (табл. 4.4) та по горизонтам відпрацювання (рис. 4.23 та 4.24), а також дані режимних спостережень за рівнем підземних вод у водоносному комплексі мезокайнозойських відкладень.

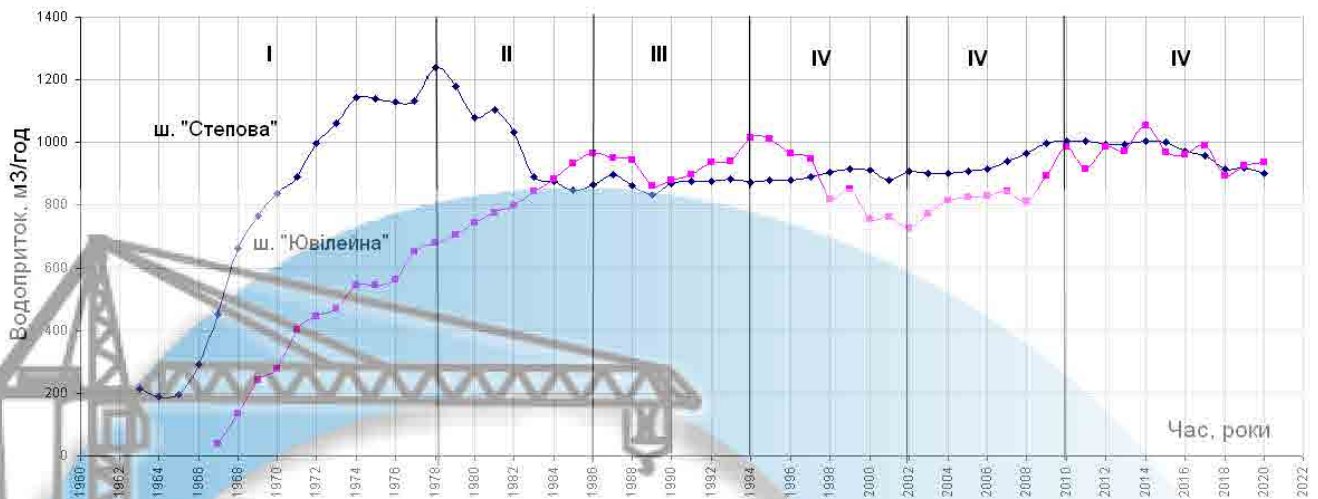


Рисунок 4.22 – Динаміка формування шахтних водопритоків у часі

Таблиця 4.4 – Фактичні дані про величини водопритоків

| Вугільні пласти, горизонти | Водоприток на кінець періоду, м ³ /год | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|------------|-----------------------------------|------------|------------------------------------|------------|-----------------------------------|------------|----------------------------------|------------|-----------------------------------|------------|
| | шахта «Степова» | | | | | | шахта «Ювілейна» | | | | | |
| | I 1963 | II 1978 | III 1986 | IV 1994 | V 2002 | VI 2010 | I 1963 | II 1978 | III 1986 | IV 1994 | V 2002 | VI 2010 |
| с ₆ ^I | 379 | 285 | 287 | 312 | | | 138 | 241 | 390 | 303 | | |
| с ₆ | 520 | 373 | 365 | 407 | | | 206 | 370 | 447 | 294 | | |
| Загальний водоприток | 1239 | 865 | 872 | 908 | 1006 | 900 | 682 | 965 | 1017 | 728 | 985 | 937 |
| Горизонт 145 | | | | 361 | 553 | 500 | | | | | | |
| 210 | | | | 306 | 317 | 151 | | | | | | |
| 300 | | | | 239 | 136 | 115 | | | | | | |
| 490 | | | | | | 133 | | | | | | |
| Горизонт 210 | | | | | | | | | 494 | 730 | 667 | |
| 250 | | | | | | | | | 279 | 254 | 270 | |
| Загальний за двама шахтами | I - 1963-1978 рр. 1921 | | II - 1978-1986 рр. 1830 | | III - 1986-1994 рр. 1889 | | IV - 1994-2002 рр. 1636 | | V - 2002-2010 рр. 1991 | | VI - 2010-2020 рр. 1837 | |

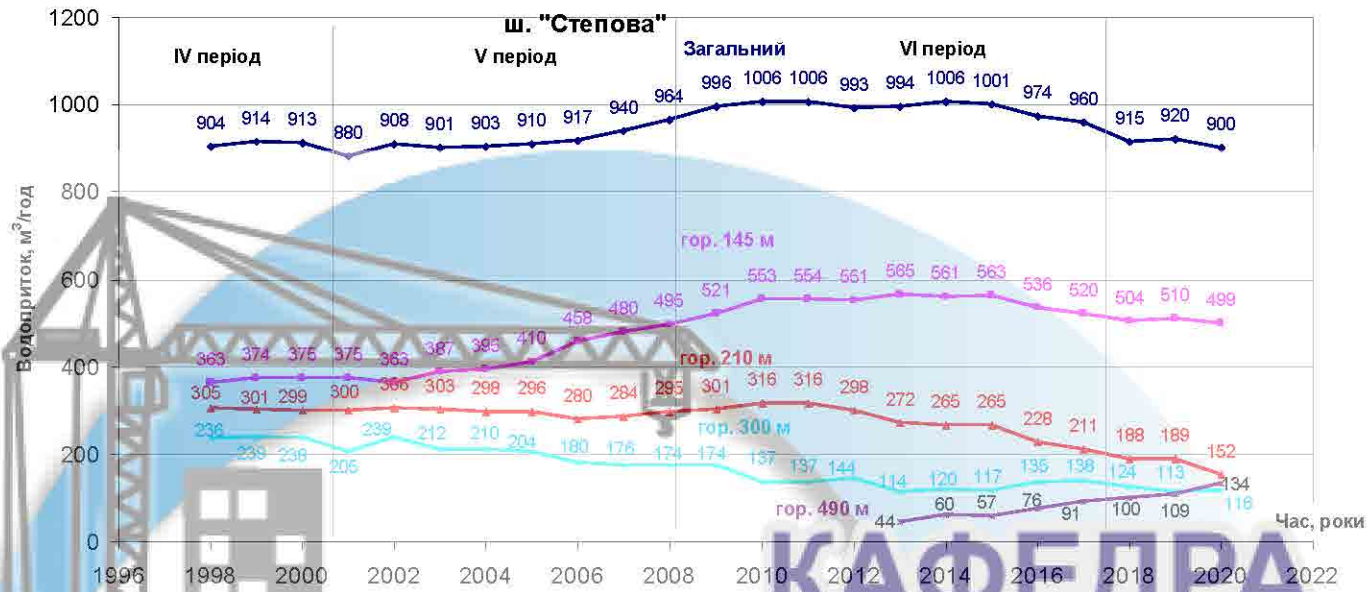


Рисунок 4.23 – Динаміка водоприпусків за горизоннтами по шахті

«Степова»

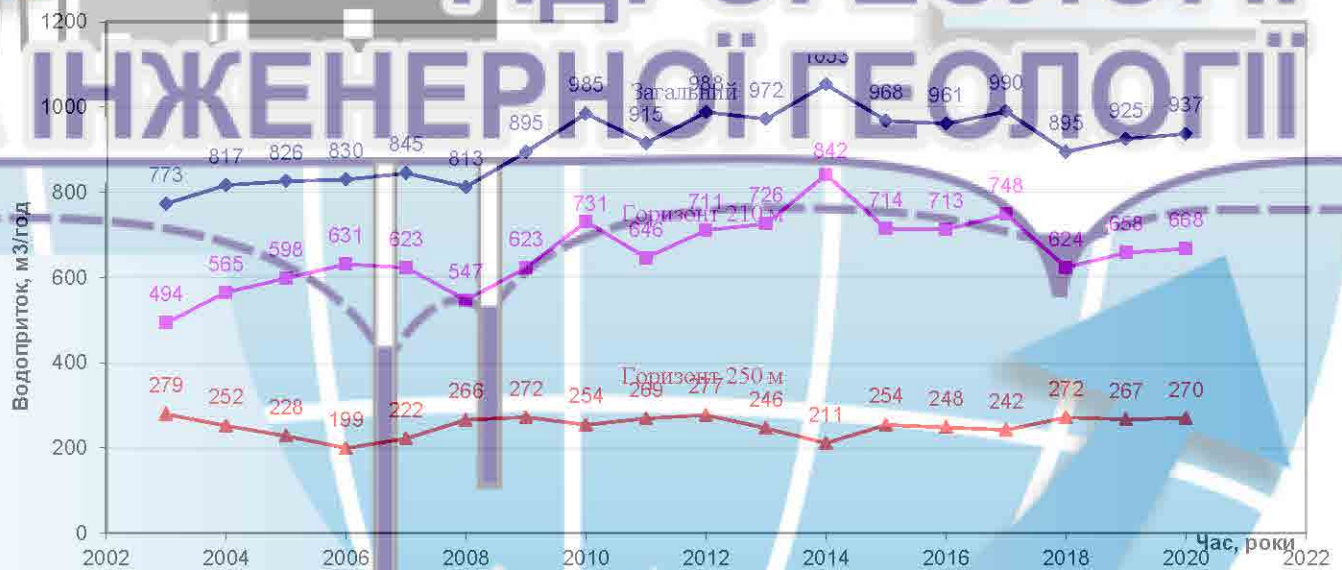


Рисунок 4.24 – Динаміка водоприпусків за горизоннтами по шахті

«Ювілейна»

Правильність схематизації гідрогеологічних умов перевіряється та корегується в процесі рішення ідентифікаційних задач за геологічною та динамічною аналогією та впливає на достовірність прогнозних оцінок.

Математичні моделі окремих шахтних полів та гірничо-промислових регіонів мають бути складовою частиною державної системи моніторингу підземних вод в умовах експлуатації і закриття шахт різної контрольованості

ВИСНОВКИ

До вашої уваги представлена кваліфікаційна робота, що присвячена аналізу гідрогеодинамічних змін структури Донбасу в умовах затоплення шахт та різної контрольованості регіону.

Донецький басейн у межах вуглепромислового освоєння охоплює площу близько 15 тис. км² на територіях Донецької, Луганської та Дніпропетровської областей.

Загальний ресурс поверхневих вод Донбасу формується басейнами річок Дніпра, Сіверського Дінця та малих річок Приазов'я. В природних умовах основне живлення річки Донбасу отримують за рахунок атмосферних опадів і підземних вод. Досить значну роль у живленні річкового стоку відіграють шахтні води.

Для території Донбасу характерні складні геолого-гідрогеологічні умови: залягання шарів від горизонтального до майже вертикального, порушення порід при веденні гірничих робіт, численні тектонічні порушення, значна газонасиченість порід та ін.

Донецький басейн підземних вод розташований у межах Донецької складчастої споруди і в зоні її переходу у Дніпровсько-Донецьку западину (Західний Донбас).

Основним джерелом техногенного навантаження в Донбасі є вугільна промисловість. На основі геолого-структурних особливостей Донбасу виділяють 20 гірничопромислових районів, де межують Павлоградсько-Петропавлівський та Червоноамійський з Центральним та Донецько-Макіївським, які знаходяться на територіях різної контрольованості

За ступенем гідрогеологічної розкритості кам'яновугільних порід Донбасу в регіоні виділяють три типи родовищ, що суттєво відрізняються особливостями формування водопритоків. А саме гідродинамічно відкритий, напівзакритий та закритий типи.

До початку військових дій на сході України працювали 150 вугільних

шахт. Через порушення електропостачання і припинення експлуатації ряду вугледобувних підприємств на сьогодні затоплюються понад 35 шахт регіону; ще 70 шахт знаходяться на стадії ліквідації. За час конфлікту загальний щорічний водовідлив з шахт Донбасу скоротився з 800 до 450 мільйонів кубічних метрів. Водовідлив не працює практично на всій території Центрального району Донбасу, внаслідок чого відбувається затоплення гідравлічно пов'язаних шахтних полів.

За даними моніторингу поверхневих вод відзначені підвищені концентрації біогенних елементів (мінеральних форм азоту і фосфору) у воді р. Сіверський Донець, Клебан-Бик, Кальміус, Кальчик та ін.

У сучасних умовах кількісне прогнозування наслідків підйому рівня шахтних вод ускладнено проблемою отримання достатньої інформації та порушеністю геологічного середовища. Водночас можливим є аналіз змін ситуації на основі математичного моделювання геофільтраційних процесів.

Обґрунтування методики моделювання гідрогеологічних умов шахтних полів зроблені на прикладі східної групи шахт Західного Донбасу, а саме виділення розрахункових шарів моделей; апроксимація фільтраційних параметрів у природних та порушених умовах, відтворення гірничих горизонтів на моделі в умовах експлуатації та затоплення шахт; сіткова розбивка та граничні умови.

Таким чином, схематизація гідрогеологічних умов шахтного поля включає фільтраційну, сіткову, розрахункову апроксимацію природних умов і є одним з найважливіших етапів створення достовірних геофільтраційних моделей. Розроблена модель буде уточнюватись в процесі рішення обернених задач та використовуватись для прогнозування гідродинамічних умов експлуатації та закриття шахт.

Математичні моделі окремих шахтних полів та гірничо-промислових регіонів мають бути складовою частиною державної системи моніторингу підземних вод в умовах експлуатації і закриття шахт різної контрольованості

Список використаних джерел

1. В. Потапенко Еколого-техногенні загрози національній безпеці України. [Електронний ресурс]:
http://green-economics.org.ua/uk/author/v_potapenko/page/2/
2. Yevhenii Yakovliev, Sergiy Chumachenko. Ecological Threats in Donbas, Ukraine – Centre for Humanitarian Dialogue, Geneva, Switzerland. С. 60.
3. Попередня оцінка екологічної небезпеки резервних джерел питно-господарського водопостачання населення Донбасу (Донецька та Луганська області) за умов АТО. Київ, 2017. 125 с.
4. Беседа М.І., Кухар В.В., Яковлев Е.О. (редактор). Огляд з регіональної оцінки еколого-геологічних умов гірнично-промислових регіонів України. ДГП “Геоінформ”. - Київ, 1998, 32с.
5. Гидрогеология СССР, т. VI, Донбасс. - М., “Недра”, 1971, 480с.
6. Инструкция по изучению и прогнозной оценке гидрогеологических условий при разведке угольных месторождений Донецкого бассейна /Под редакцией Скаблановича И.А. ДО ИМР. - Киев, 1983, 57с.
7. Беседа Н.И., Ксенда И.М., Лущик А.В. и др. Информационный бюллетень. Региональные изменения геологической среды Донбасса в связи с выводом шахт из эксплуатации. ГП “Геоинформ”, - Киев, 1997, 53с.
8. Асиміляційний потенціал геологічного середовища України та його оцінка / [С.О. Довгий, В.В. Іванченко, М.М. Коржнев (наук. ред.), М.М. Курило, О.М. Трофимчук, С.М. Чумаченко, Є.О. Яковлев, М.В. Беліцька] НАН України, Інститут телекомунікацій і глобал. інформ. простору. – К.: Ніка-Центр, 2016. – 172 с.
9. Рубан С.А., Ніколішина А.В. Ґрунтові води України. ДВ УкрДГРІ, Дніпропетровськ, 2005. 426с.
10. Норватов Ю.А. Изучение и прогноз техногенного режима подземных вод. - Л.: Недра. 1988. 261 с .
11. Концептуальні основи поліпшення стану довкілля

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

12. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на Сході України / Денисов М, Каверін Д, Ющук А, Єрмаков В, Улицький О. та ін. Координатор проектів ОБСЄ в Україні. К.: ВАІТЕ, 2017.– 88 с. 1 [Електронний ресурс] <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2019-03/AYushchuk.pdf>

13. Ulytsky, O., Yermakov, V., Buglak, O., & Lunova, O. (2018). Risk of man-made and ecological disasters at the filter stations in the Donetsk and Luhansk regions // *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 27(1), 138-147. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111839>

14. Огляд основних факторів впливу на стан поверхневих та підземних вод басейну Сіверського Дінця в умовах військових дій [Електронний ресурс] Режим доступу: http://www.geol.univ.kiev.ua/docs/news/Brochure_13_03_2019.pdf

15. Попередня оцінка екологічної небезпеки резервних джерел питно-господарського водопостачання населення Донбасу (Донецька та Луганська області) за умов АТО / Центр Гуманітарного Діалогу ім. Анрі Дюнанна. Український НДІ цивільного захисту ДСНС. Інститут телекомунікації і глобального інформаційного простору Національної АН України. Науковий парк «Центр трансферу технологій цивільного захисту». Київ. 2017. 125 с [Електронний ресурс] Режим доступу: https://hromadske.ua/pdf/2018/03/01/Ecological_report_FULL_REPORT_Ukrainian_version.pdf

16. Яковлев Є. О. Критичні зміни екологічного стану надр Донбасу // *Мінеральні ресурси України*. 2017. № 3 с. 34-39.

17. Екологічна безпека вугільних родовищ України / За ред. Г.І. Рудька, О.І. Бондаря. Київ Чернівці: Букрек, 2016. 608 с.

18. Стан підземних вод України, щорічник Київ: Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство

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

19. Білокопитова Н.А., Синах В.Ю. Про перспективні регіональні гідрогеологічні моделі України // Інформаційний бюлетень про стан геологічного середовища України у 1998р. (під ред. Є.О. Яковлева). Вип. 17. –К.: Геоінформ. –2000. –С. 139-150.

20. Бэр Я., Заславски Д., Ирмей С. Физико-математические основы фильтрации воды. М.: Мир, 1971. – 455с.

21. Развитие процессов подтопления земной поверхности под влиянием закрывающихся шахт / Ермаков В.Н. и др. //Уголь Украины. – 2001. – №6.

22. Інформаційний звіт про результати режимних гідрогеологічних спостережень по відомчій мережі спостережних свердловин ПАО «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ» (за результатами робіт 2019 р.) // С. В. Держак, А.В. Тарасевич. КП «Південукргеологія» м. Павлоград, 2020.

КАФЕДРА
ГІДРОГЕОЛОГІЇ
ТА ІНЖЕНЕРНОЇ ГЕОЛОГІЇ

