

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

На правах рукопису

ВОЙТОВИЧ СВІТЛАНА ПЕТРІВНА

УДК 550.4:622.51 (477.83)

**ГЕОХІМІЯ ШАХТНИХ ВОД ЛЬВІВСЬКО – ВОЛИНСЬКОГО
КАМЯНОВУГЛЬНОГО БАСЕЙNU
(на прикладі Червоноградського гірничопромислового району)**

Спеціальність
04.00.02 – геохімія

Дисертація на здобуття
наукового ступеня кандидата геологічних наук

Науковий керівник:
доктор геолого-мінералогічних наук
Гулій Василь Миколайович

Київ - 2017

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ	10
1.1. Характеристика природних умов району дослідження.....	10
1.2. Геологічне середовище Червоноградського гірничопромислового району.....	14
1.3. Тектонічна будова та геолого-структурні особливості регіону	20
1.4. Історія геологічного розвитку Львівсько-Волинського басейну.....	24
РОЗДІЛ 2 СТАН ВИВЧЕНОСТІ ПРОБЛЕМИ ШАХТНИХ ВОД.....	28
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИ І МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	33
РОЗДІЛ 4 ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ШАХТНИХ ВОД ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ	37
4.1. Макрокомпонентний склад шахтних вод, характер взаємозв'язків між їх вмістами та особливості міграції.....	37
4.2. Розповсюдження мікроелементів у шахтних вод.....	51
4.3. Часові зміни хімічного складу шахтних вод	64
4.4. Гідрохімічне районування Червоноградського гірничопромислового району.....	66
РОЗДІЛ 5 ЧИННИКИ ТА УМОВИ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ШАХТНИХ ВОД ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ	85
5.1. Гідрогеологічні і гідрохімічні особливості підземних вод в природних умовах	89
5.2. Гідрохімічне моделювання процесів змішування підземних вод.....	97
5.3. Геохімічні асоціації основних компонентів шахтних вод.....	107
5.4. Чинники і процеси формування хімічного складу шахтних вод.....	110

РОЗДІЛ 6 НАПРЯМКИ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ШАХТНИХ ВОД ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ НА ДОВКІЛЛЯ.....	120
6.1. Вплив шахтних вод на довкілля.....	120
6.2. Оцінка екологічної безпеки відстійних очисних споруд шахтних вод.....	125
6.3. Гідрохімічна модель скиду шахтних вод в басейн р. Західний Буг	134
6.3.1. Модель рівномірного скиду шахтних вод з відстійника с. Городище.....	136
6.3.2. Модель рівномірного скиду шахтних вод з відстійника м. Червоноград.....	139
6.3.3. Модель залпового скиду шахтних вод з відстійника с. Городище.....	143
6.3.4. Модель залпового скиду шахтних вод з відстійника м. Червоноград.....	144
6.3.5. Оптимальна модель скиду шахтних вод з відстійників с. Городище і м. Червонограду р. Західний Буг.....	146
6.4. Методи очищення шахтних вод вугільних басейнів України, Польщі та Росії.....	149
6.5. Шляхи мінімізації впливу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району.....	160
ВИСНОВКИ.....	170
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	172
ДОДАТКИ.....	192
Додаток А.....	193
Додаток Б.....	202
Додаток В.....	211
Додаток Д.....	217
Додаток Ж.....	226

ВСТУП

Актуальність теми. Червоноградський гірничопромисловий район (ЧГПР) є основним регіоном видобутку вугілля у Львівсько-Волинському басейні. Його вивченню присвячені праці численних дослідників, однак на сьогодні відсутня системна інформація щодо якісного та кількісного складу шахтних вод басейну, що не дає змоги виявити їхні геохімічні особливості. Відомості про компонентний склад та встановлення походження шахтних вод району досліджень сприятиме створенню геохімічної моделі їхнього виникнення і еволюції, якої досі не існувало. Геохімія шахтних вод залишається найменш вивченою галуззю геохімії, однак вкрай важливою, оскільки сприяє вирішенню низки наукових і практичних проблем гідрогеології, інженерної геології, геохімії, охорони довкілля.

Шахтні води, проникаючи до колодязів та свердловин у межах ЧГПР, забруднюють питну воду, створюючи загрозу людському здоров'ю. Істотним негативним фактором підземного вуглевидобування району є також шкода, що завдається водному басейну регіону. У зв'язку з цим усе гострішає проблема охорони водних ресурсів території дослідження. Це зумовлено скиданням у річку Західний Буг великих об'ємів мінералізованих шахтних вод. Їхнє надходження у природні водойми значно погіршує екологічні показники води. Зміна складу та якості води річки Західний Буг має важливі наслідки, оскільки ріка є транскордонним водотоком і використовується як для постачання питної води населенню, зокрема м. Варшава, так і для комунально-побутових цілей на території України і Польщі. Тому, вивчення геохімії та генезису шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району, використання отриманих даних для прогнозу змін якості шахтних вод та окремих компонентів природних водойм під їхнім впливом має велике теоретичне і практичне значення. Все це свідчить про актуальність теми дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.
Дисертаційну роботу виконано на кафедрі петрографії Львівського

національного університету імені Івана Франка. Вона відповідає науковим напрямкам діяльності кафедри, геологічного факультету та тісно пов'язана з нормативами виконання еколого-геологічних робіт, спрямованих на безпеку вуглевидобування і ліквідацію негативних наслідків, які виникають при цьому, згідно з «Загальнодержавною програмою розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» та Стратегією державної екологічної політики України на період до 2020 року. Частина досліджень за темою дисертації виконана у рамках договору про науково-технічну співпрацю між геологічним факультетом ЛНУ імені Івана Франка та ДП «Львіввугілля» (договір від 24 лютого 2015 р.).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є встановлення геохімічних особливостей і закономірностей формування складу шахтних вод ЧГПР, масштабів їхнього впливу на якість природних вод та розробка рекомендацій щодо зменшення негативних екологічних наслідків.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі основні завдання:

- 1) визначити якісний і кількісний склад шахтних вод ЧГПР та виявити тенденції зміни у просторі та часі їхніх показників;
- 2) встановити природу та умови формування шахтних вод ЧГПР;
- 3) виконати прогнозування зміни хімічного складу шахтних вод району дослідження;
- 4) оцінити масштаби впливу шахтних вод на довкілля, зокрема на хімічний склад природних вод;
- 5) здійснити пошук раціональних методів очистки шахтних вод та розробка методу оптимізації системи скидання шахтних вод у річку Західний Буг.

Об'єкт дослідження: шахтні води Червоноградського гірничопромислового району.

Предмет дослідження: геохімічні особливості шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району.

Фактичний матеріал. В основу написання дисертаційної роботи покладені результати вивчення хімічного складу шахтних вод Червононоградського гірничопромислового району з 2001 до 2012 рр. Автором використано понад 500 хімічних аналізів шахтних вод. Відбір проб проводився в центральних водозбірниках шахт та відстійниках шахтних вод. Аналізи шахтних вод виконані в акредитованих лабораторіях ДП «Львіввугілля» стандартними методами хімічного аналізу якості вод. Дослідження мінерального складу вугільного шламу виконано у лабораторії рентгенографії мінеральної речовини ЛНУ імені Івана Франка.

Методи дослідження – аналіз і узагальнення фондовых та опублікованих матеріалів, методи хімічного аналізу якості вод (об'ємний титрометричний, колориметричний, фотометричний, гравіметричний, органолептичні та розрахункові), математичне опрацювання результатів аналізів шахтних вод з використанням багатовимірного статистичного та графічного аналізів, метод порошкової рентгенівської дифрактометрії та гідрохімічного моделювання, імерсійний метод.

Наукова новизна. На основі проведених комплексних досліджень шахтних вод Червононоградського гірничопромислового району автором вперше:

1) виконано геохімічну систематизацію шахтних вод району дослідження. Встановлено, що за хімічним складом шахтні води належать до Cl-SO₄-Na групи хлоридно-натрієвого типу з діапазоном мінералізації від 0,9 до 17,1 г/дм³, виявлено зростання вмісту макрокомпонентів та мікроелементів шахтних вод на південний захід, що ймовірно пов'язано з геологічною будовою та тектонічними особливостями району;

2) обґрунтовано, що на сучасному етапі вуглевидобутку формування складу шахтних вод району відбувається завдяки змішуванню мінералізованих вод кам'яновугільного і прісних вод сенонського водоносних комплексів, визначено джерела надходження макрокомпонентів – поховані морські води, процеси хімічного вивітрювання, розчинення та окислення порід;

3) за результатами гідрохімічного моделювання встановлено, що в процесі експлуатації Червоноградського гірничопромислового району мінералізація шахтних вод, вміст іонів натрію та калію, магнію та хлор-іонів буде підвищуватися;

4) розроблено метод оптимізації системи скидання шахтних вод району відповідно до гідрологічно – гідрохімічних особливостей річки Західний Буг. Визначено, що з відстійника с. Городище під час весняної повені максимально можливий скид шахтних вод – $0,24 \text{ м}^3/\text{с}$, у літньо-осінню межень – $0,15 \text{ м}^3/\text{с}$, у зимову межень – $0,19 \text{ м}^3/\text{с}$; з відстійника м. Червоноград у весняну повінь – $0,23 \text{ м}^3/\text{с}$.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що результати вивчення компонентного складу шахтних вод стануть підґрунтам для вибору найбільш ефективного і мало затратного способу очищення шахтних вод у регіоні, тобто передумовою використання шахтних вод для технічного і господарського водопостачання регіону. Також ці дані будуть використані на вуглевидобувних підприємствах для прогнозу змін хімічного складу шахтних вод, стану довкілля під їхнім впливом та для розроблення рекомендацій щодо зменшення негативного впливу цих вод на навколишнє середовище.

Результати виконаної роботи можуть бути використані проектними організаціями та установами під час розробки і планування водоохоронних заходів басейну ріки Західний Буг, для оцінки ефективності цих заходів, для зменшення впливу шахтних вод на мережу гідрографії і на формування якісного стану підземних й поверхневих вод.

Особистий внесок автора полягає у систематизації, узагальненні, обробці та інтерпретації даних. Особисто автором створено гідрохімічну базу даних, виявлено геохімічну спеціалізацію та закономірності просторового та часового розподілу компонентів складу шахтних вод; вивчено взаємозв'язки між окремими геохімічними показниками; визначено переважаючі чинники надходження та акмуляції хімічних елементів; проведено системно-

статистичне опрацювання аналітичних даних, розроблено схему мінімалізації шкідливого впливу шахтних вод та модель їх скидання у природні басейни на основі геохімічного моделювання. У публікації [8] за участю автора подано зібрані та оброблені статистичні дані, а також сформульовано висновки.

Апробація результатів досліджень. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на щорічних звітних наукових конференціях Львівського національного університету імені Івана Франка (2011, 2015) та наукових семінарах кафедри петрографії, а також під час навчання в аспірантурі (2010 – 2013 рр.), на Вчених радах геологічного факультету. Окремі положення дисертації розглядалися на наукових конференціях: “Стан і перспективи сучасної геологічної освіти та науки” (м. Львів, Геологічний факультет, Львівський національний університет імені Івана Франка, 13 – 15 жовтня 2010 р.), на 3rd Students International Geological Conference (Lviv, Ukraine, April 27 – 30, 2012), на 4th Students International Geological Conference (Brno, Czech Republic, April 19 – 21, 2013), «Фундаментальне значення і прикладна роль геологічної освіти і науки» (м. Львів, Геологічний факультет, Львівський національний університет імені Івана Франка, 7 – 9 жовтня 2015 р.).

Публікації. Головні результати досліджень та основні висновки, що викладені в дисертаційній роботі, опубліковані у 11 наукових працях, зокрема, в 6 статтях у наукових фахових виданнях, включно з 2 зарубіжними виданнями і тими, що входять в наукометричні бази, відповідно до вимог МОН України. Крім цього, матеріали дисертації апробовано на міжнародних і вітчизняних наукових конференціях.

Структура та об'єм дисертації.

Дисертаційну роботу викладено на 124 сторінках тексту, вона складається із вступу, 6 розділів, висновків, списку літератури з 194 найменувань, 5 додатків, містить 51 рисунок, 45 таблиць. Загальний обсяг дисертації 245 сторінок.

Автор висловлює щиру подяку науковому керівнику д. г.-м. н. Гулію В. М. за цінні поради, допомогу і терпіння, за підтримку у написанні роботи. Особлива подяка першому наставнику і вчителеві доценту Сеньковському А. Ю. за вибір напрямку досліджень в області геохімії; за консультації і поради – к. геол. н. Дяківу В. О., д. г.-м. н. Суярку В. Г., д. г. н. Улицькому О. А., к. геол. н Яковенко М. Б., к. г.-м. н. Харкевичу В. В.; за допомогу у математико-статистичній обробці – к. ф.-м .н. Хом'яку М. М. За цінні поради автор висловлює велику вдячність д. г.-м. н. Узіюку В. І., д. геол. н. Крупському Ю. З., к. г.-м. н. Побережській І. В., к. ф.-м. н. Фурману В. В., к. г.-м. н. Степанову В. Б., к. геол. н. Костюку О. В., к. геол. н. Борняк У. І..

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ГЕОЛОГІЧНОЇ БУДОВИ

ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

1.1. Характеристика природних умов району дослідження

Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн розташований у західній частині України, у середній течії р. Західний Буг (рис. 1.1) [69]. Перші відомості про басейн з'явилися у 1810р., а в 1950р. тут були закладені перші шахти [34]. Площа басейну займає північно-західну частину Львівської та південно-західну частину Волинської областей [9]. На заході басейн продовжується на території Польщі, де має назву Люблінського басейну [34]. Загальна площа басейну близько 10 000 км².

За територіальною приналежністю, особливостями геологічної будови і вугленосності, ступенем розвіданості й освоєння в басейні виділяється три вуглепромислові райони: Нововолинський, Червоноградський і Південно-Західний (рис. 1.1).

Червоноградський гірничопромисловий район займає центральну частину Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну і на північному сході межує з Нововолинським районом [23]. Східна і південна границі проходять по смузі нижньовізейських вапняків, а південно-західна вздовж Великомостівського насуву, який на північному-сході переходить в Кам'яно-Бузьку тектонічну зону (рис. 1.1) [137].

Цей район вважається основним в басейні. Експлуатація шахт почалася ще у 1957 році. В його межах знаходиться приблизно 70-90% балансових запасів вугілля, більше половини діючих шахт. Тут знаходиться 12 шахт (1-10 ВМ, 1 ЧГ, 2 ЧГ), 4 з яких уже зупинили свою діяльність – 1 ЧГ, 2 ВМ, 5 ВМ, 8 ВМ (рис. 1.2).

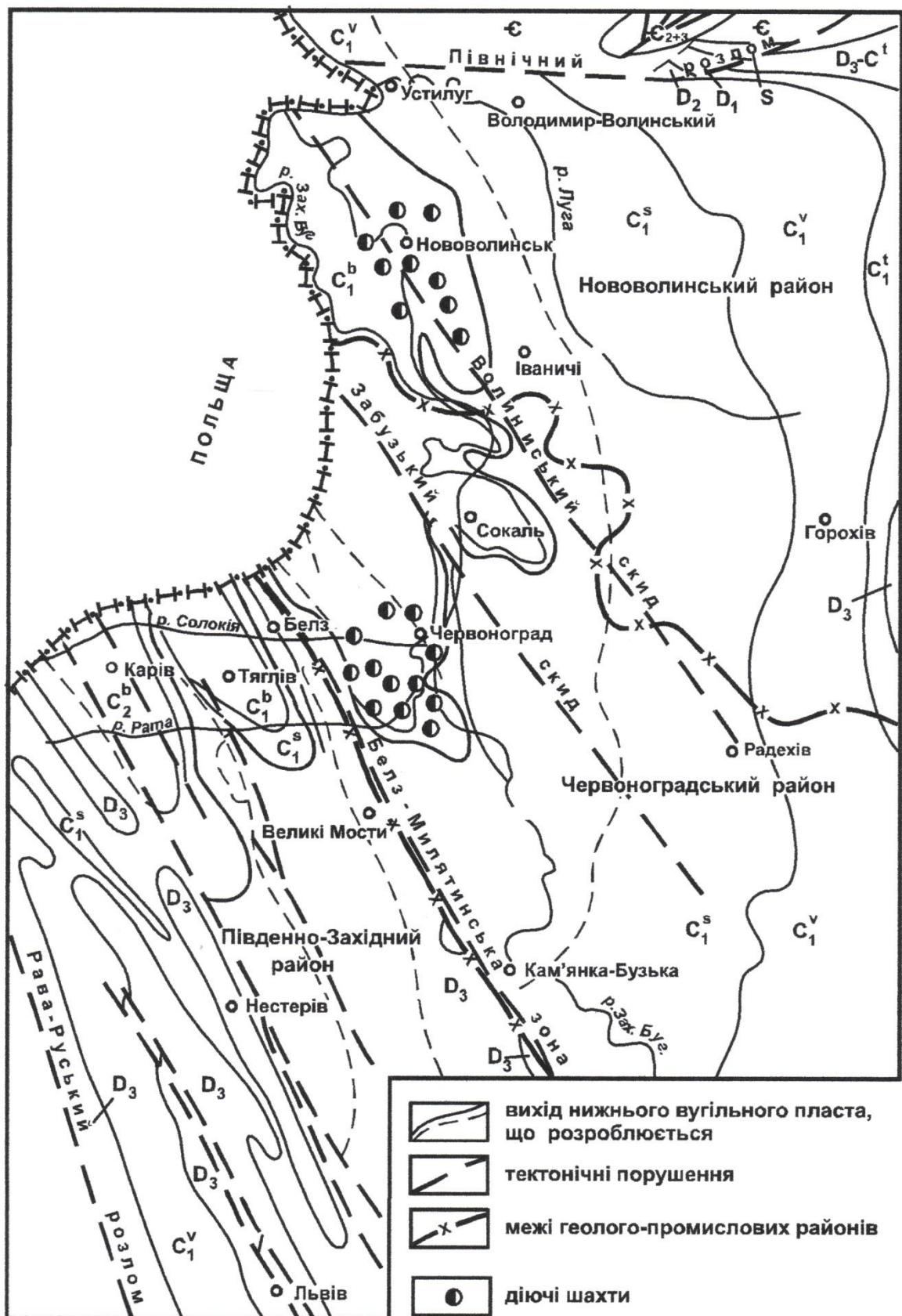


Рис. 1.1. Схематична карта Львівсько - Волинського кам'яновугільного басейну [34, 137]

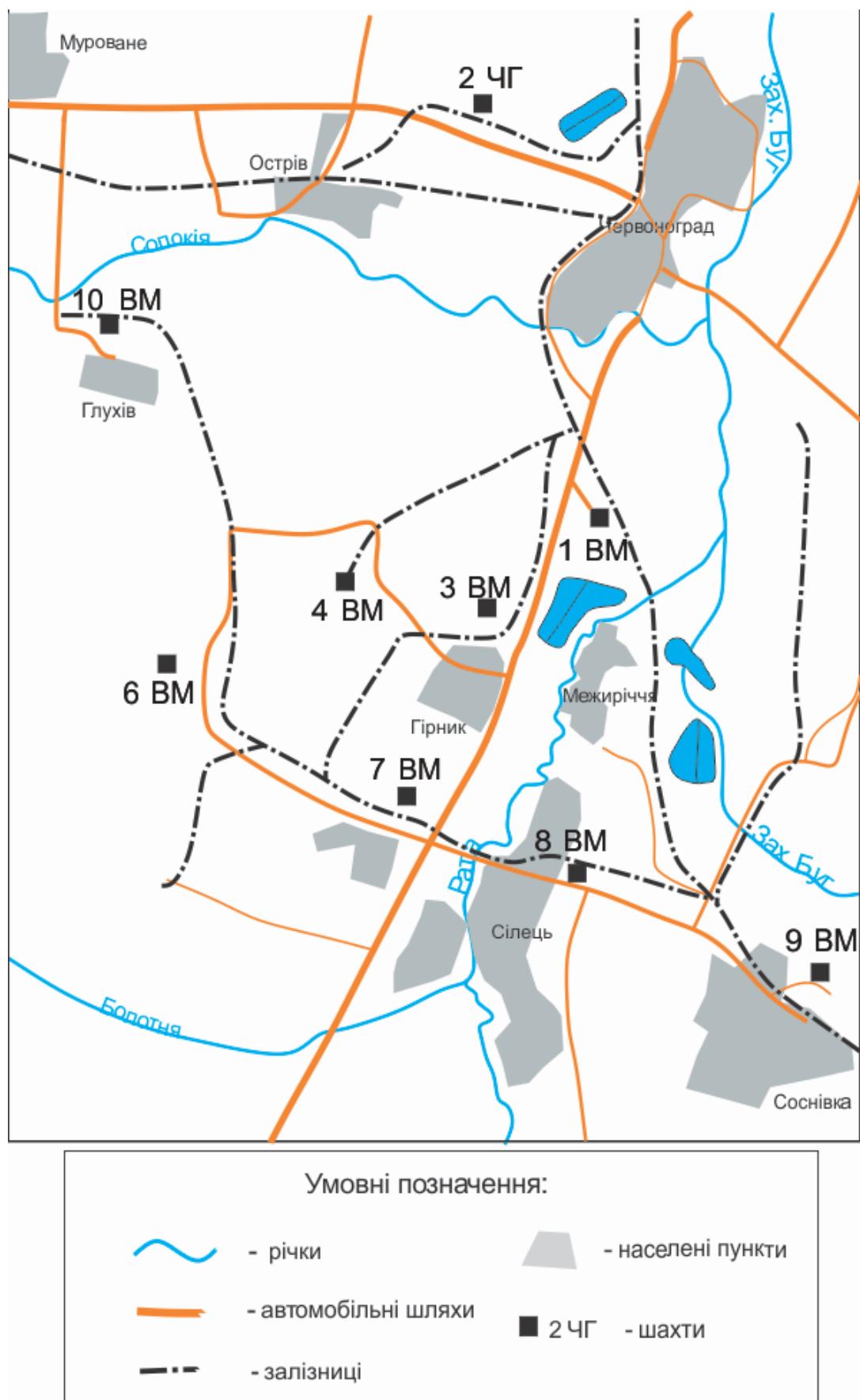


Рис. 1.2. Оглядова карта-схема Червоноградського гірничопромислового району (Войтович С., 2014)

Основне промислове значення мають вугільні пласти – n_7^H , n_7 , n_7^B , n_8 , n_8^B , n_9 . Максимальна вугленосність приурочена до південної частини району (до ділянки великомостівських шахт). Дальше на схід вугленосність падає внаслідок зменшення кількості робочих вугільних пластів і їх потужності. Деяке промислове значення набуває вугільний пласт v_6 , який залягає нижче пласта n_7^H на 250 метрів [98].

Клімат даної території має помірно-континентальний характер з ранньою теплою весною і дощовою осінню. Кількість днів з опадами дуже коливається за місяцями. Основна їх кількість випадає в теплий період у вигляді зливових і затяжних дощів [72, 116, 137, 155]. Сніговий покрив нестійкий, встановлюється в грудні, сходить у березні. Кліматичні умови впливають на гідрологічний режим річок району, який є важливим при розрахунку об'ємів скиду шахтних вод у річки.

Червоноградський гірничопромисловий район знаходиться в північно-західній частині Волино-Подільської височини. В загальному поверхня хвилясто-рівнинна, нахиlena на північ, в сторону Полісся. Також для району характерна значна заболоченість і наявність багаточисленних блюдцеподібних понижень, заповнених водою [9, 116]. Район знаходиться у Західноукраїнській лісостеповій фізико-географічній провінції, в межах Малого Полісся [136].

Гідрографічна сітка представлена поверхневими водотоками, які відносяться до басейну р. Західний Буг. Головними річками є Західний Буг, Рата, Солокія і їх притоки первого і другого порядку, які створюють всі разом систему Західного Бугом [100].

Річка Західний Буг — притока другого порядку річки Вісли — впадає в річку Нарев з лівого берега, за 37,8 км до злиття річки Нарев з Віслою, на території Республіки Польща. Довжина — 831 км (у межах району — 50 км). Площа басейну — 173 300 км², падіння річки — 0,3 м/с [76]. Загальний напрямок течії ріки північно-західний. Свій початок Західний Буг бере на території України з північно-західних схилів Гологоро-Кременецької гряди на висоті 350 м над рівнем моря, у селі Верхобуж Золочівського району (Львівська

область) на Подільській височині. Ріка належить до рівнинного типу (заболочена заплава, стариця, звивисте річище) з низинними берегами, замуленим дном, несталим режимом течії. Русло ріки прокладено в товщі четвертинних утворень, подекуди воно прорізує крейдові відклади. Ширина русла в межень становить 25–70 м, глибина 1,1–1,7 м, середня швидкість течії 0,45–0,65 м/с. [116]. Живлення річки змішане: дощове, снігове і підземне. Водний режим річки характеризується весняною повінню в багатоводні роки, низькою літньо-осінньою меженню в маловодні роки, значними дощовими паводками влітку, епізодичним підняттям рівня води в руслі взимку [100].

Характерною особливістю геологічної будови водозбору Західного Бугу є залягання вище місцевих базисів ерозії карбонатних порід верхньої крейди, що представлені тріщинуватими і закарстованими вапняками та мергелями, впливом яких і визначається формування сольового складу води річки [181].

Річка Рата - являється лівою притокою р. Західний Буг. Довжина Рати – 76 км, падіння річки - 1,2 м/км [9]. Ширина річища до 30 м. Витрати води коливаються в межах 1,21-2,17 м³/сек., швидкість течії становить 0,2-0,4 м/сек. Течія Рати надзвичайно повільна, тому на її дні відкладається багато наносного матеріалу. Річка тече між високими берегами і в с. Сілець і с. Межиріччя впадає у Західний Буг. Права притока р. Рати — річка Свиня [100].

Річка Солокія - ліва притока Західного Бугу, бере початок на території Польщі, в районі м. Томашова і впадає в р. Західний Буг біля м. Червонограда. Незначний нахил річки зумовлює заболочування її долини [9]. Ширина русла на території басейну 7-10 м, глибина – 0,58-0,74 м і швидкість течії – 0,4-0,6 м/сек.

1.2. Геологічне середовище Червоноградського гірничопромислового району

У геологічній будові Червоноградського гірничопромислового району бере участь складний комплекс палеозойських, мезозойських і четвертинних відкладів, які залягають на докембрійському фундаменті (рис. 1.3) [16, 44].

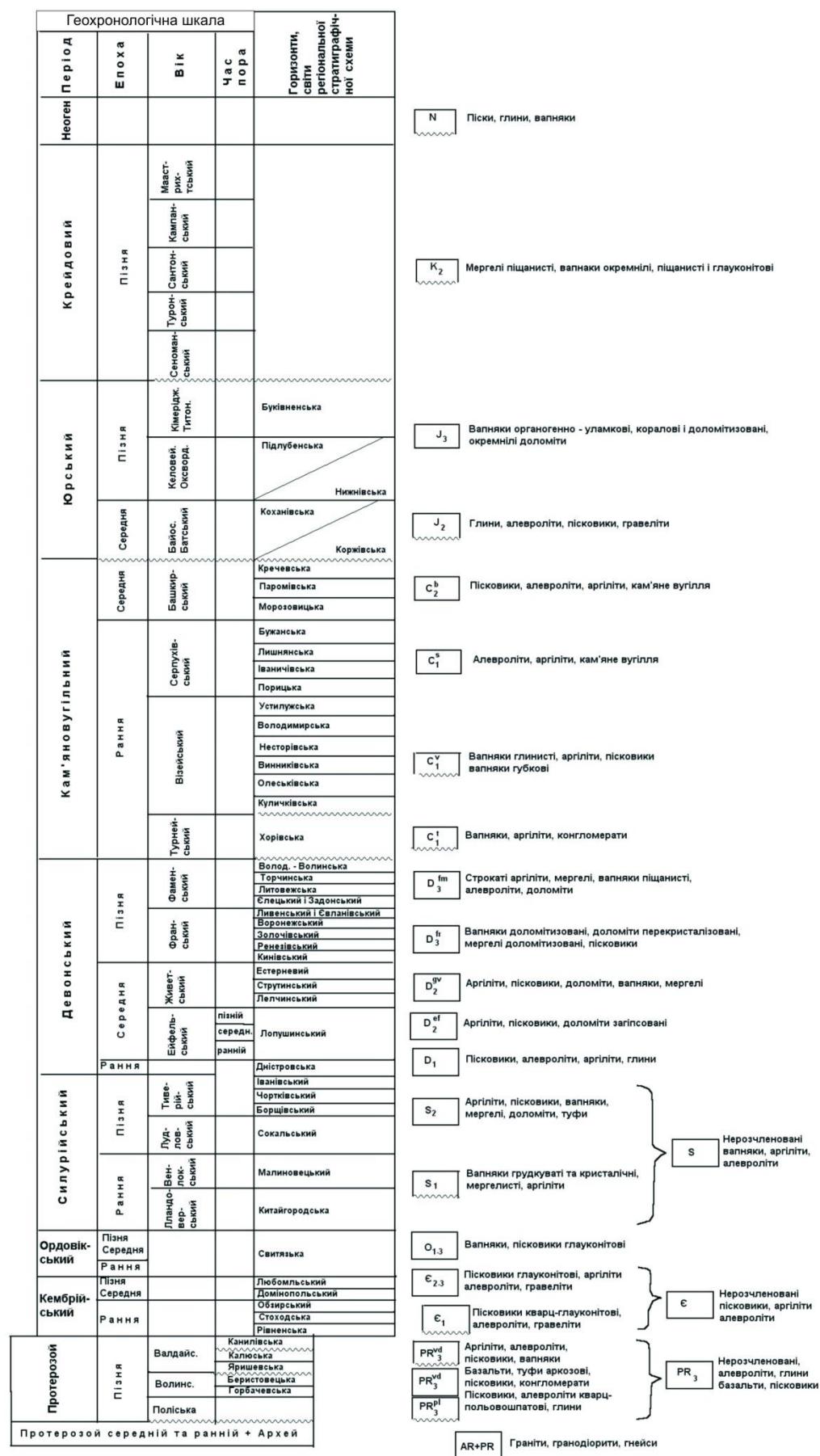


Рис. 1.3. Стратиграфічні підрозділи
Львівсько - Волинського кам'яновугільного басейну [34]

Найбільш древні з них складають кристалічний фундамент, на якому різко неузгоджено залягають породи протерозою, палеозою (кембрій - карбон), мезозою (юра - крейда) і кайнозою (неоген – четвертинні відклади) [137].

Докембрій поділяється на архей нижній і середній, які складені кристалічними породами фундаменту: гнейсами, кварцитами, амфіболітами, гранітоїдами, та верхній протерозой, який складений пісковиками, алевролітами та вулканічними туфами. Загальна потужність докембрійських утворень 12 км [15, 34].

Кембрій представлений трьома відділами. За літологічними ознаками вони поділяються на балтійську серію нижнього відділу кембрію (рівненська, стоходська і обзирська світи) та бережківську і смолярську серії, об'єднуючи відклади середнього і верхнього відділів.

У підошві нижньокембрійських відкладів залягають кварц - глауконітові пісковики рівненської світи. Стоходська світа складена однорідною товщею зеленувато-сірих і темно-сірих до чорних глинистих і алеврито-глинистих порід з досить рідкісними прошарками алевролітів і дрібнозернистих пісковиків.

Відклади бережківської серії характеризуються досить одноманітним складом і представлена переважно пісковиками, в підошві яких залягають graveliti, світло-сірими кварцовими пісковиками та зеленувато-сірими алевролітами з прошарками пісковиків.

Верхня частина кембрійських відкладень представлена світло-сірими пісковиками з прошарками алевролітів [18, 85, 137].

Ордовік представлений трьома відділами: нижнім, середнім, верхнім. Ордовік представлений тут двома товщами - карбонатною і теригенною, розділеними переривом в осадконакопичуванні. Це кварцитоподібні, темно-зелені глауконітові пісковики; сірими плитчастими вапняками, переважно червоного забарвлення, або сірими глинистими вапняками і органогенно-детритовими мілкозернистими вапняками та мергелями [34, 77, 137].

Силур розвинутий широко, залягає трансгресивно на розмитих різновікових горизонтах ордовіку, поділяється на нижній і верхній. Нижній

силур складений грудкуватими або плитчастими мергелястими вапняками з прошарками сірих мергелів. У нижній частині розвинені зеленувато – сірі аргіліти, а у верхній - масивні темно-сірі мергелі з прошарками вапняків. Верхній силур представлений жовтуватими, сірими і темно-сірими плитчастими або грудкуватими мергелястими вапняками. Місцями вапняки переходять в доломіти, які перешаровані пачками мергелів. У зануреній частині Львівського прогину верхньосилурійські відклади представлені переважно аргілітами з прошарками мергелів і глинистих вапняків [9, 18, 34, 85].

Девон. Девонські відклади характеризуються достатньо повним розрізом, значним розповсюдженням і хорошою вивченістю. Нижній девон складений потужною товщою континентальних червоних пісковиків і піщано-глинистих порід; середній – чергуванням доломітів, вапняків, пісковиків і алевролітів; верхній – доломітами з пісками у нижній частині, вапняками – у верхній [44, 69].

Карбон. На верхньому девоні або на різновікових горизонтах нижнього палеозою стратиграфічно неузгоджено залягають кам'яновугільні відклади нижнього і середнього відділів. Поверхня цих відкладів занурюється в західному – південно-західному напрямках і повсюдно покрита могутнім чохлом мезокайнозойських відкладів [17, 98, 173].

Кам'яновугільні відклади поширені на усій площі Червоноградського гірничопромислового району і представлені наступними ярусами:

- 1) нижній карбон:
 - *турнейський ярус* - складений піщано-конгломератовою і вапняково-аргілітовою товщами; вугільних пластів у ньому не виявлено;
 - *візейський ярус* - представлені аргілітами, алевролітами, пісковиками, вапняками і вугіллям, поділяється на шість світів:
 - куличківська – гравеліти, кварцові пісковики з прошарками аргілітів і алевролітів, у верхній частині трапляються каолінові глини;
 - олеськівська – окременілі вапняки;

- винниківська, нестерівська, володимирська – чергування вапняків з аргілітами й алевролітами; трапляються до 13 вапнякових прошарків;
 - устилузька – вапняки [34];
- *серпухівський ярус* – представлений теригенними і вапняковими породами, загальною потужністю 550 м; верхня частина ярусу вміщує основну продуктивну товщу вугільних пластів, вугільні пласти відносяться до групи тонких і середніх, будова пласта проста, глибина залягання пластів – 360-460 метрів. Ярус поділяється на світи:
- порицька – аргіліти й алевроліти з прошарками вапняків і вугілля;
 - іваницька – чергування аргілітів, алевролітів, пісковиків з прошарками вапняків і вугілля;
 - лишнянська – теригенні породи з прошарками вапняків і вугілля;
 - бужанська – пісковики, алевроліти, аргіліти з малопотужними прошарками доломітизованих мергелів; відділяється від попередніх маркуючими вапняками; до верхньої частини світи приурочені майже всі промислові вугільні пласти басейну – до 20 вугільних пластів і прошарків [44].

2) середній карбон - представлений *башкирським ярусом*, потужністю до 210 метрів, і який поділяється на 3 світи:

- морозовицька – чергування темно-сірих аргілітів, алевролітів, вапняків і пластів вугілля;
- паромівська – аргіліти, алевроліти з прошарками ясно-сірих пісковиків, рідше – вапняків і кам’яного вугілля;
- кречівська – чергуванням аргілітів, алевролітів і пісковиків з вугільними пластами [69].

Потужність світ, ярусів і відділів кам'яновугільних відкладів Львівсько-Волинського басейну, збільшується в південно-західному напрямі і максимальних значень досягає на півдні і південному заході [137].

Юра. Юрські відклади залягають на породах карбону з кутовою і стратиграфічною незгідністю. Юра залягає на окремих площах, заповнюючи знижені ділянки рельєфу палеозою, де її відклади збереглись від подальшого розмиву. У південно-західній частині басейну юрські породи мають суцільне розповсюдження [137].

В розрізі юри виділяється дві літологічні товщі – нижня, піщано-глиниста, що відноситься до середнього відділу, і верхня – вапнякова, що складає верхній відділ.

Середній відділ складається строкатими аргілітами і глинами, плямисто забарвленими алевролітами сірого, блакитного тонів, голубуватими і бурими карбонатними пісковиками, часто загіпсованими, кварцовими і кварц-глауконітовими пісковиками, конгломератами з валунами різних розмірів, а верхній складається з вапняків, гіпсів і ангідритів [9, 19, 34].

Крейда трансгресивно перекриває юрські, кам'яновугільні та девонські утворення. Потужність відкладів збільшується у південно-західному напрямку.

Представлена майже всіма ярусами і горизонтами верхнього відділу. Крейдові відклади, представлені досить одноманітною товщею мергельно-крейдових порід [19, 137].

Неоген трапляється лише в південній та південно-західній окраїні басейну. Залягають вони трансгресивно на верхньокрейдяних відкладах і поділяються на 2 частини: нижню і верхню:

- нижня – кварцити, піски, глини з чотирма пластами бурого вугілля;
- верхня – літотамнієві вапняки з прошарками мергелів і пісків [34, 77, 137].

Четвертинні відклади суцільним чохлом покривають древні утворення і відсутні лише на порівняно невеликих ділянках, де на поверхню виходять відклади крейди і неогену. Вони представлені як флювіогляціальними (піски,

супіски, суглинки, глини) так і алювіальними відкладами (піски, глини, суглинки). Сучасний алювій складає заплавні тераси більшості річок і представлений тонкозернистими пісковиками, що перешаровуються з мулистими суглинками, глинами, а місцями з прошарками щебеню. Широко поширені також торф'яники, що досягають місцями значних потужностей. Загальна потужність четвертинної системи в басейні 0,5–35 м [34, 44, 137].

Геологічне середовище Червоноградського гірничопромислового району відноситься до платформенного типу з наявністю у товщі карбону промислової вугленосності, що є базою для розвитку вуглевидобувного комплексу і утворення природно-техногенного комплексу.

1.3. Тектонічна будова та геолого-структурні особливості регіону

Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн в геоструктурному відношенні є пологою асиметричною западиною, розташованою на південно-західному закінченні Волино-Подільської плити, в зоні занурення Східно-Європейської платформи [137].

На фоні загального похилого моноклінального залягання кам'яновугільних відкладів Львівсько-Волинської западини слід відзначити вторинні дислокації антиклінального і синклінального типів північно-західного простягання [88]. На території басейну виділені Літовеська, Красноградська, Белз-Милятинська, Бутинська, Нестерівська та Зашківська антиклінальні зони [9]. Між ними знаходяться синкліналі, які виповнені відкладами карбону з промисловими шарами вугілля: Волинська та Забузька монокліналі, Сокальська брахісинкліналь, Межирічанська, Тяглівська та Карівська синкліналі [137]. Такі структурні форми своєю чергою ускладнені додатковою дрібнішою складчастістю, що утворює хвильовий характер залягання кам'яновугільних відкладів (рис. 1.1, рис. 1.4) [3, 34, 88, 151].

Червоноградський гірничопромисловий район в структурному плані включає в себе Забузьку монокліналь, Межирічанську і Сокальську синклінальні складки [137].

Забузька монокліналь розташована в центральній частині Львівсько-Волинського басейну і є природним продовженням Нововолинського району на південь [44]. У північній і центральній частинах відклади мають рівномірне південно-західне падіння з кутами 1-2° (є продовженням східного крила Межирічанської синкліналі), а у південно-західній частині - зворотне північно-східне падіння під кутом 2-6 °. На південному заході району Забузька монокліналь переходить в Межирічанську синклінальну складку, яка своєю відкритою стороною йде на територію Польщі [69].

Диз'юнктивні дислокації в межах Забузької монокліналі [137] представлені скидами: Забузьким, Павлівським, Красносельським, Цебрівським і Русинським; насувами: Дібровським і Жужелянським (рис. 2.1).

Забузький скид перетинає район з північного заходу від кордону з Польщею на південний схід, де він з'єднується з Межирічанським скидом [44]. Амплітуда зміщення карбону складає 15-35 м. Південно-західне крило скиду опущене, північно-східне підняті. Кут падіння площини зміщення 70-80 °, азимут падіння західний.

Дібровський насув тягнеться в тому ж північно-західному напрямку (примикає з південного заходу до Забузького скиду). Площина зміщення насуву падає на південний захід, амплітуда складає 10-15 м. Північно-східне крило опущене, підняті - південно-західне [137].

Павлівський скид простягається паралельно Дібровському насуву. Падіння площини зміщення на південний-захід, кут падіння 70-80 °. Амплітуда зміщення коливається від 15 до 25 м [9].

Красносельський скид розриває північно-східне крило Межирічанської синкліналі. Кут падіння скиду 78 °, амплітуда до 8 метрів [69].

Цебрівський скид і *Жужелянський насув* протягаються в південно-західній частині Забузької монокліналі. Амплітуда вертикального зміщення насуву на північному сході досягає до 35 метрів, а на південь вона зменшується до 10 метрів. Кут нахилу площини зміщення – 20-40 °. Південно-західне крило насуву при підняті, а північно-східне – опущене [44, 137].

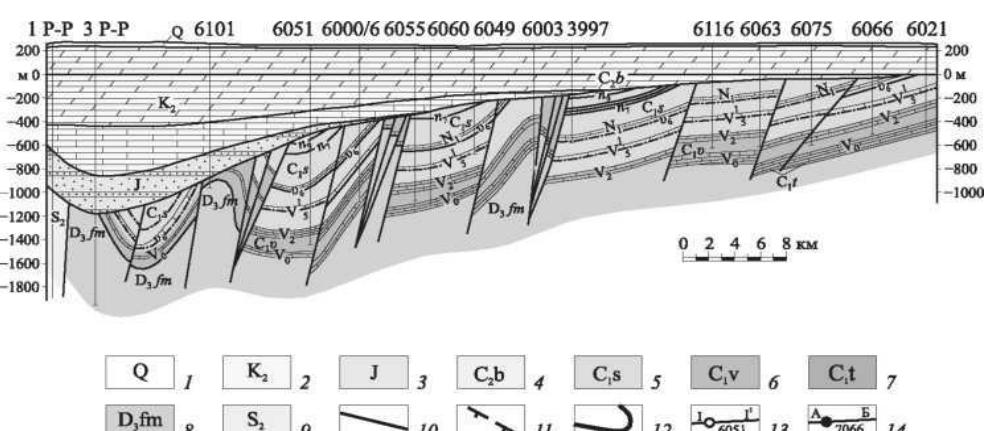
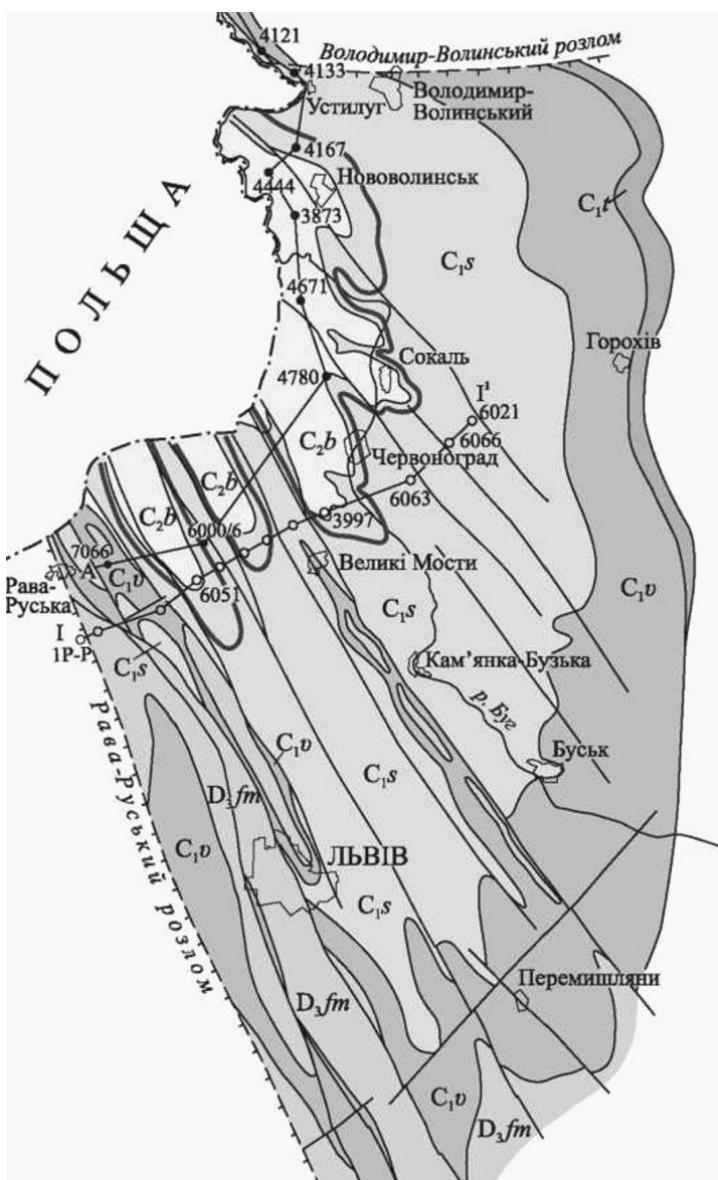


Рис. 1.4. Геологічна карта і розріз Львівсько – Волинського басейну (Шульга, 2008)

Умовні позначення: 1-3 - утворення мезозою і кайнозою: 1 - четвертинні, 2 - верхньої крейди, 3 - юри; 4-7 - кам'яновугільний період (середній відділ: 4 - башкирський ярус; нижній відділ: 5 - серпухівський ярус, 6 - візейський ярус, 7 - турнейський ярус); 8 - девон, верхній відділ, фаменський ярус; 9 - силур, верхній відділ; 10 - розривні тектонічні порушення; 11 - регіональний розлом; 12 - контур промислової вугленосності; 13 - лінія геологічного розрізу і номер свердловини; 14 - лінія кореляційного профілю.

Від Жужелянського насуву, відгалужується *Ванівський насув* і ще декілька більш дрібних насувів, амплітуда яких не перевищує 6 метрів. Південно-західне крило насуву при підняті, а північно-східне крило – опущене [9, 69, 137].

У східній частині Червоноградського району кам'яновугільні відклади залягають у вигляді пологої брахісинкліналі – *Сокальська брахісинкліналь*, яка витягнута в північно-західному напрямку, і з півночі обмежена *Літовежською антиклінальною зоною* [137]. Центр складки зміщений до заходу. На пологих крилах спостерігаються місцеві локальні, також пологі підняття і занурення. Кути падіння шарів не перевищують 1-3 °.

Межирічанська синкліналь зосереджує в собі всі діючі вугільні шахти Червоноградського гірничопромислового району. Відділяється від Сокольської брахісинкліналі пологим підняттям, так званою *Красноградською антиклінальною зоною*. На заході синкліналь обмежується *Белз-Милятинською антиклінальною зоною* [34, 44, 137]. З глибиною складка не затухає і у візейських відкладах позначається ще виразніше. Вісь синкліналі зміщена до південно-західного крила і заглибується на північний-захід в сторону розширення її крил. Межирічанська синкліналь характеризується широким пологим дном, ускладненим локальними складками третього, четвертого і більш високого порядків. Складки мають додатні і від'ємні, закриті і напівзакриті форми. Серед додатних структур виділяються пологі антикліналі і флексуроподібні підняття.

Від'ємні форми включають пологі синклінальні складки, напівзамкнені западини або мульди. Серед них виразно простежуються найбільш крутий *Західний прогин* [34], морфологічно виражене асиметрично, відкритою на північний захід синклінальною складкою; крутіше (до 6-8 °) західне крило її ускладнено тектонічними розривами, серед яких виділяються Жужелянський і Ванівський насуви. Довжина складки 13 км., ширина 2,5 км.; висота її досягає 20 м, вона є найбільш високою складкою другого порядку [34, 137].

Основна тектонічна порушеність в межах Межирічанської синкліналі особливо широко проявлена на закінченні крил складки. По східному її борту проходить *Межирічанський скид* з амплітудою 80-110 м (продовження Забузького скиду) [137].

На тій частині площині, що розробляється гірничими виробками відмічена велика кількість розривних порушень з різною амплітудою.

Найчастіше із великими розривами відмічені порушення на шахтних полях №1 ВМ, №5 ВМ, №9 ВМ. На південні поля шахти №1 ВМ спостерігається серія ступінчастих скидів. Відмічений ряд інших групових і одиночних порушень на решті площині шахтного поля [69].

Більшість тектонічних порушень, розкритих гірничими виробками, пов'язані з диз'юнктивною тектонікою глибоких горизонтів. Очевидно, ці порушення являють собою паралельно-ступінчасті або горсто-грабенові системи, що утворюються в результаті розчленовування більш крупних розривів [9].

Що стосується встановлення віку окремих регіональних тектонічних порушень і стадії формування Львівського палеозойського прогину в цілому, то необхідно враховувати наступні положення. Утворення даного регіону продовжувалося тривалий час і на його будові відбився прояв каледонського, герцинського і альпійського циклів складчастості. Сумарний результат цих рухів і зробив вплив на остаточне тектонічне формування Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Окремі структурні елементи кам'яновугільної западини формувалися в різний час, тектонічні рухи існували і виявлялися в регіоні постійно із зміною напрямів і інтенсивності напруги [34, 69]. Внаслідок цього, район дослідження має інтенсивні тектонічні порушення, які можна розглядати як чинник, що гідравлічно повязує між собою водоносні горизонти карбонових, вище і нижче залягаючих відкладів.

1.4. Історія геологічного розвитку Львівсько-Волинського басейну

Історія геологічного розвитку Східно-Європейської платформи, так і Львівсько-Волинської западини, вивчалися С. І. Суботіним, М. М. Тетяєвим,

Я. Самсоновичем, П. Л. Шульгою, М. І. Струєвим, А. В. Хижняковим, Д. П. Бобровником на великій кількості фактичного матеріалу, який був накопичений в процесі ведення геологорозвідувальних, геофізичних та інших дослідницьких робіт. Ними детально вивчені фації і палеогеографія девонської і кам'яновугільної систем, менш детально розглянуті і описані древніші, а також мезокайнозойські породи і їх утворення.

Палеогеографічна обстановка осадконакопичення у рифеї і палеозої на західній околиці Східно-Європейської платформи відповідала головним чином епіконтинентальним басейнам. В одній з крайових западин платформи, в області прилеглій до південно-західного схилу Українського щита, створилися умови для тривалого занурення і седиментації, в результаті яких сформувався Львівський палеозойський прогин [69,137].

Рифейська ера. На початку рифею велика частина західної околиці Східно-Європейської платформи була сушою. Відклади накопичувались тільки на території Білорусії, Волино-Поділля і Молдавії [137].

Кембрійський період. В ранньокембрійську епоху Волино-Подільська плита і східне крило Львівсько – Волинської западини занурюючись покриваються морем. По мінеральному складу піщано-алевритових утворень можна судити про направленість зносу уламкового матеріалу з Українського щита. За умовами утворення середньо - верхньокембрійські породи відносяться до прибережно-морських осадів, а частина, можливо, до дюн морського узбережжя [9, 137].

Ордовицький період. Цей період характеризується нестійким осадконакопиченням, пов'язаним з мілководністю і пульсацією морського дна. У цю епоху були значні переміщення берегових ліній і поширення відкладів вказує на розширення материка на захід [69].

Силурійський період. Палеогеографічні карти лландоверського і венлокського віку показують максимальне по площі поширення силурійського моря на західній околиці Східно-Європейської платформи. На літолого-палеогеографічних картах венлокського ярусів фіксується зміна з заходу на схід

осадів відкритого моря відкладами мілководного басейну. Присутність в розрізах венлоха прошарків туфітів вказує на прояв вулканічної діяльності на прилеглій до моря суші. У другій половині ранньосилурійської епохи або до кінця її описувана площа зазнає значного підняття. Протягом лудловського віку в крайовій частині платформи існував перехідний режим осадконакопичення від умов епіконтинентального моря до умов глибоководного геосинклінального басейну [137].

Девонський період. Девонський басейн характеризується розвитком відкладів континентальних фаций озерного і алювіально-дельтового походження [9,137].

Кам'яновугільний період. Дано система ознаменувалася накопиченням відкладів нижнього і середнього віddілів. Тривалі та інтенсивні коливальні рухи привели до накопичення значної за потужності поліфаціальної товщі - комплекс різноманітних порід від морських вапняків до континентальних вугільних пластів. Початок скорочення девонського басейну і трансгресія кам'яновугільного моря були обумовлені активними проявами герцинського тектогенезу [69]. Бретонська фаза складчастості викликала неодноразові підняття території в турнейському і ранньовізейському віці. В ранньосерпухівський час у басейні відбулася різка зміна режиму осадконакопичення - умови відкритого моря змінилися режимом мілкого моря при коливаннях рівня поверхні. Середина серпухівського часу характеризується відносно стабільним мілководним морським режимом. Впродовж лишнянського і бужанського часу відзначається скорочення акваторії басейну і його обміління. В бужанський час територія Львівсько-Волинського басейну зазнала значного підняття. На початку башкирської епохи відбулося опускання території басейну. Наростання трансгресії відзначається протягом усього часу. Верхньопаромівські відклади характеризуються континентальними і перехідними від континентальних до морських фациями. Відклади кречевської світи завершують осадконакопичення у Львівському палеозойському прогині

не тільки в кам'яновугільній період, але і в пізньому палеозої взагалі [9, 69, 137].

Юрський період. Континентальні умови, що панували раніше в регіоні, збереглися протягом ранньої та середньої юри. На границі пізньої і середньої юри починається велике прогинання поверхні, розширяються межі морського осадконакопичення. При аналізі юрських відкладів фіксується занурення цієї території в південно-західному напрямку. В келовей-оксфордський час занурення посилюється, море трансгресує із заходу на схід. До кінця юрського періоду відзначається велика повсюдна регресія моря [69].

Крейдовий період. У результаті тектонічної активності Карпат в крейдовий період сталася перебудова структурного плану регіону з утворенням крейдового прогину. В ранньокрейдову епоху в межах Львівсько-Волинського басейну розвивалися інтенсивні процеси денудації, що зберегли тільки останці юрських відкладів. Лише в альб-сеноманський час море охопило південно-західну частину басейну. Потім пізньокрейдова трансгресія після короткого відступу отримала ще більший розвиток в турон-коньяцькому віці. У маастрихті відбувається значне скорочення і обміління морського басейну, глибоководні карбонатні фації змінюються мілководними карбонатно-глинистими. До кінця крейди море регресує і пізньокрейдова поверхня піддається процесам ерозії [69, 137].

Кайнозой. У результаті прояву фаз альпійського орогенезу на території басейну морський режим чергувався з континентальним. Відкладів палеогену в басейні немає. У неогеновий період на південно-західній околиці Львівсько-Волинського басейну накопичувалися мілководно-морські карбонатно-теригенні осади з прошарками бурого вугілля, які утворюють сучасні вододіли. На всій іншій території басейну відбувається руйнування та винесення порід, які продовжуються до теперішнього часу [69, 137].

Таким чином, тектонічна позиція та особливості геологічної будови є визначальними у формуванні гідрогеологічних та геохімічних умов досліджуваної території.

РОЗДІЛ 2

СТАН ВИВЧЕНОСТІ ПРОБЛЕМИ ШАХТНИХ ВОД

Проблеми притоку води в гірничі виробки, властивостей цих вод та заходів по боротьбі з ними з'явилися з часів початку розвитку вугільної промисловості і завжди привертали увагу геохіміків та гідрогеологів. В науковій літературі ці питання висвітлюються достатньо часто.

Значна кількість робіт присвячена умовам надходження води в гірничі виробки [5, 54, 130, 131, 132, 167, 175]; питанням встановлення водопритоку та шахтного водовідливу [60, 167]; факторам, що визначають обводненість родовищ [65, 128]; способам боротьби з шахтними водами [60, 86, 99, 128, 145, 167, 175]. Дані напрями досліджень пов'язані з іменами П. П. Климентовим, Д. І. Щеголєва, Л. Д. Шевякова, В. І. Бєлова, А. І. Кравцова, А. А. Трофимова, І. А. Скабаллановича, В. Т. Осауленко, В. М. Попова, В. Д. Слєсарєва, К. Кейльгака та ін.

Умови надходження води у виробки і, головним чином, питання боротьби з водою розглядаються також в спеціальних розділах гірничої справи — про шахтний водовідлив.

Значно менша кількість наукових публікацій стосується вивчення хімії підземних і шахтних вод вугільних родовищ - загальної характеристики і походження підземних вод [167, 174]; поняття «шахтні води», властивостей, складу та класифікації цих вод [99, 113, 128, 156, 157, 158]; процесів формування хімічного складу шахтних вод [65]; значення шахтних вод в економіці гірничого підприємства [175].

Деякі роботи присвячені розгляду можливостей використання шахтних вод для питного та технічного водопостачання, меліорації земель чи в якості джерела гідромінеральної сировини [5, 36, 174].

У працях Архтпова Н. А., Єльчанінова Е. А., Горбачова Л. Д. розглянуті питання розвитку видобутку вугілля та його вплив на навколошнє природне середовище, в тому числі на водотоки [4, 133]. Власне проблема прогнозування хімічного складу шахтних вод стала актуальною і більш інтенсивніше висвітлюється з 80-х років ХХ століття. Вивчення хімічного складу підземних вод, які формуються в процесі і в результаті затоплення шахт, стало більш масштабним відносно недавно, в 1997-1998 рр. коли почалось масове затоплення шахт і збільшилась інтенсивність дії на навколошнє середовище.

Одночасно з розробкою методичних питань по вивченю підземних вод в районі родовищ корисних копалин проводились і систематичні вивчення шахтних вод різних родовищ. Великий внесок у ці питання зробили вчені СРСР [10, 12, 48, 55, 56, 127, 129, 146, 147, 177].

Характеристиці підземних вод Підмосковного басейну, аналізу причин різної водонасиченості шахтних полів і цілих шахт в басейні і заходам боротьби з водою в періодичній і спеціальній літературі приділено досить багато місця. Підземним водам окремих районів басейну або окремим питанням боротьби з водами присвячені роботи А. С. Сергеєва та Д. Д. Беляєва [127], С. А. Скробова і В. С. Яблокова [129], С. В. Трояновського і Д. Д. Беляєва [146], Н. Г. Трупака [147].

Підземним водам Кизеловського басейну присвячений ряд статей М. С. Кельманського, в яких висвітлюються умови надходження води у виробки. Автором на основі експериментальних робіт перевірений ряд формул для визначення умов руху і дебіту підземних вод. В результаті ним запропонована емпірична формула для визначення притоку вод у виробітки [55, 56]. Основна увага при вивченні вод в Кизеловському басейні була зосереджена на з'ясуванні природи і ролі карсту при веденні гірничих робіт [48, 55].

У Карагандинському вугільному басейні вивченням шахтних вод займався В. А. Курдюков. У ряді робіт ним була дана наближена якісна і кількісна характеристики підземних вод по басейну в цілому і по деяких окремих шахтах.

По шахтних водах Кузнецького басейну опублікованих зведеніх праць до теперішнього часу нема. Загальна характеристика обводненості порід по окремих районах Кузбаса і кількісна характеристика вод по окремих шахтах басейну наведена в роботі П. І. Бутова, М. І. Кучина, у ряді робіт П. М. Большакова, С. Г. Бейрома і інших [10, 12].

Гідрогеологічна характеристика залізорудних родовищ Курської магнітної аномалії (КМА), де у великому об'ємі проводилися розвідувальні роботи по гідрогеології, дана в роботі Д. І. Щеголєва і Н. Д. Краснопевцева [177].

Хімічній характеристиці шахтних вод поліметалічних родовищ і питанням використання їх присвячені роботи Н. І. Хитарова, О. П. Муликовської та ряд інших. Шахтним водам поліметалічних родовищ Алтаю присвячені роботи Кельманского, Коновалова і Щеголєва.

По інших вугільних районах також проводились роботи з метою вивчення гідрогеологічних умов родовищ, але результати цих робіт представлені переважно у вигляді виробничих звітів, що містять кількісну і якісну характеристики шахтних вод по окремих шахтах. У окремих роботах дається аналіз причин, що обумовлюють надходження води у виробітки.

Умови надходження води в калійні шахти розглядаються в роботі Баумерта, опублікованій в перекладі з додатками і обробкою А. А. Іванова в журналі «Калій». У роботі розглянуто гідрогеологічні умови калійних родовищ Німеччини, приведено багато прикладів згубної дії підземних вод на калійні родовища. Приводиться також досвід захисту і боротьби з притоками вод і розсолів на калійних шахтах Німеччини. У роботі Баумерта приведені дані про походження, типи, геологічні і хімічні особливості розсолів і вод, з якими доводиться мати справу калійним шахтам [175].

Значення підземних вод при розробці буровугільних родовищ і методика боротьби з підземними водами при розробці буровугільних родовищ в Німеччині всесторонньо висвітлені в роботі Г. Клейна.

У Англії питання боротьби з підземними водами при веденні гірничих робіт також розглядаються переважно в загальних курсах гірничої справи. Іноді у ряді технічних журналів описуються окремі випадки проривів води і інші питання гідрогеології.

Велика увага в спеціальній літературі приділяється шахтним водам і в США. У ряді робіт О. Мейнцер, Фуллер, Ліндгрен, Лейн і ряд інших геологів і гідрогеологів розглядають питання якості шахтних вод, зміни притоку води в гірничі виробки (залежно від глибини розробок), умови водовіддачі (залежно від механічного складу водовміщуючих порід) і ряд інших питань по статиці і динаміці підземних вод і за умовами надходження води у виробки [174].

У Криворізькому басейні вивченням шахтних вод займались П. Н. Торський, П. Д. Осипов, В. Д. Натаров, В. В. Натаров і інші [87, 95, 144].

Для Нікопольського марганцевого району була опублікована П. Д. Осиповим робота, в якій дана характеристика гідрогеологічних умов і розібрані можливі заходи щодо осушення шахтних полів [95].

Вивчення шахтних вод Донецького басейну розпочалося у 1927 році, коли обліково-статистичною партією Геологічного комітету був зібраний великий матеріал по шахтоуправліннях басейну, що стосується притоку води, якості вод і їх використання на питні і технічні потреби. Опрацьовані дані цього обстеження були опубліковані Н. І. Северовим [126] і Т. А. Черепенникової [153] в 1929 році.

Характеристика складу шахтних вод Донецького басейну наводилась в роботах В. Н. Кеммера [57] та А. І. Кравцова [64].

У 1932—1933 і 1940 рр. вивченням шахтних вод в Донецькому басейні займався Д. І. Щеголев. Основні результати цих, робіт були опубліковані в 1941 і 1943 рр.. У завдання цих робіт входило: 1) вивчення ефективності дренування гірничими роботами основних водоносних горизонтів карбону; 2) вивчення зміни режиму підземних вод з глибиною; 3) вивчення по гірничих виробках гідрогеологічного значення тектонічних порушень, зокрема, розривів суцільності порід; 4) визначення хімічного складу вод в загальному

водозбірнику шахти, і вод з окремих, розкритих виробками водоносних горизонтів; 5) з'ясування ступеня використання шахтних вод на питні і технічні потреби і можливості збільшення їхнього використання. Основна увага при вивчені шахтних вод в Донецькому басейні зводилася до з'ясування можливості повнішого їхнього використання, оскільки басейн в цілому бідний поверхневими і підземними водами [176].

На сучасному етапі досліджується склад шахтних вод Донецького басейну (Улицький О. А., Шевченко О. А., Шевченко Т. С., Проскурня Ю. А., Таракова Е. А., Бреус Н. Г.) [142, 149, 162, 164, 165, 166] та перспективи використання цих вод (Суярко В. Г., Решетов К. І., Шевченко О. А., Безрук К. О.) [138, 163].

Історія вивчення шахтних вод в Червоноградському гірничопромисловому районі розпочата у 1948 р. його першовідкривачем і дослідником М. І. Струєвим. З широким проведеним пошукових робіт на кам'яне вугілля гідрогеологічні дослідження проводились у 40-70-х роках Повстяним Н. М., Голодом Н. А., Шпаковим В. Б., Усиковим І. Д., В. М. Шестопаловим та ін. Більшість досліджень було спрямовано на вивчення питання притоку води в гірничі виробітки [49, 53], причинам їх потрапляння, заходам боротьби з ними, очищення їх і використання, а питанням з'ясування їх генези та хімічного складу приділяється дуже мало уваги. Сучасні уявлення про особливості геохімії шахтних вод району досліджень пов'язані з іменами В. Я. Караваєв (1984), В. В. Харкевич (2003), Ю. В. Ярош (2003) [182]. Проблема впливу шахтних вод району дослідження на навколоишнє середовище стала актуально розвиватися в останні десятиліття [75, 117, 180].

На даний час проведенні численні дослідження шахтних вод для різних басейнів як в Україні, так і за кордоном, однак щодо шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району такі дослідження за незначним винятком, майже відсутні, що і послужило підставою для їх вивчення.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИ І МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Геохімію шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району автор вивчав на підставі комплексної методики і системного аналізу за такою схемою в чотири етапи:

- ✓ перший етап – підготовчий, полягав у зборі і узагальненні наявної геологічної, гідрогеологічної, гідрохімічної, еколого-геохімічної інформації по району дослідження;
- ✓ другий етап – відбір проб шахтних вод;
- ✓ третій етап – полягав в хімічному аналізі відібраних проб, який проводився в акредитованій лабораторії ДП «Львівугілля»;
- ✓ четвертий етап – аналітична і статистична обробка всіх зібраних матеріалів по району дослідження, виявлення геохімічних закономірностей.

Для виконання первого етапу роботи проведено збір, аналіз, узагальнення і систематизація фондів і опублікованих матеріалів по фізико-географічній характеристиці, геотектонічній позиції, геологічній будові, гідрогеологічних, гідрологічних, геохімічних умовах району дослідження [11].

Відбір проб шахтних вод з центральних водозбірників шахт та відстійників шахтних вод на поверхні проводився автором та колективом ДП «Львівугілля» згідно ДСТУ ISO 5667-6-2001 «Якість води. Відбір проб» [58]. Відбір вугільного шlamu з центральних водозбірників проводився автором. Фактичний матеріал використаний в роботі включає понад 500 хімічних аналізів шахтних вод за період 2001-2012 pp., які були згруповані окремо по кожній шахті району дослідження, так і по основних компонентах складу шахтних вод усього району.

Аналіз проб здійснювався згідно з діючими в Україні нормативними документами, що регламентують методики проведення лабораторних досліджень вод [7] і виконувався в лабораторіях ДП «Львівугілля». Лабораторії обладнані необхідним устаткуванням та пристроями, які забезпечують високу точність, оперативність і достовірність аналізу. Хімічний склад шахтних вод визначався стандартними методами хімічного аналізу якості вод. У пробах проводився лабораторний аналіз загальних гідрохімічних показників води.

Вміст макрокомпонентів, сполук нітрогену визначали об'ємним (титриметричним – іони кальцію і магнію, іони хлору та гідрокарбонат-іони [83]), фотометричним (група азоту) [73], гравіметричним (сульфат-іони) [96, 97] та розрахунковим методами (мінералізація, іони натрію і калію). Органолептичні показники та pH вимірювали органолептичним [143] та фотометричним методами [8].

Мінеральний склад вугільного шламу визначався за допомогою імерсійного методу та методу порошкової рентгенівської дифрактометрії (дифрактометр ДРОН-3.0, СіКа-випромінювання, $\theta/2\theta$ -сканування, швидкість детектора – $4^{\circ}/\text{хв}$).

Наведені у дисертаційній роботі світлини зроблені автором особисто.

Останнім етапом роботи була системно-статистична обробка результатів аналізів хімічного складу шахтних вод з використанням багатомірного статистичного аналізу. Обробка даних здійснювалась з використанням стандартних методів математичної статистики (кореляційний, регресійний та факторний аналізи) для визначення різних показників, які змінюються в просторі і часі і охарактеризовані кількісно.

Методи статистичного аналізу використано для виявлення геохімічних особливостей шахтних вод (залежностей між вмістами компонентів і характеристиками складу шахтних вод; формул шахтних вод для кожної шахти і для усіх шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації) та факторів формування хімічного складу шахтних вод досліджуваного регіону. Для аналізу

та обґрунтування факторів формування складу шахтних вод було застосовано метод гідрохімічного моделювання, яке ґрунтувалось на встановленні закономірностей змішування підземних вод різного складу за законом Огільві. На основі даного методу виконано прогнозування змін якості шахтних вод в умовах подальшої експлуатації району досліджень.

Для встановлення часових змін хімічного складу шахтних вод і діапазонів концентрацій головних іонів були використані методи графічного аналізу – графічні побудови діаграм, гістограм, графіків та карт.

Закономірності просторового розподілу макрокомпонентів і мікроелементів шахтних вод вивчались методом геохімічного районування, який полягав у прослідкуванні особливостей розподілу по території концентрацій окремих компонент складу шахтних вод, що характеризують умови їхнього формування. За даними про хімічний склад шахтних вод виокремлено площі з однаковими значеннями та умовами формування, а саме площі у межах яких зберігається наявність одного і того самого провідного фактора (однорідні гідрохімічні поля). Результати районування представлені у вигляді картосхем [143].

Завдяки картографічним методам стає повнішою і значно доступнішою характеристика різних компонентів шахтних вод і процесів, які в них протікають [159].

Для порівняння шахтних вод різних вугільних басейнів і методів їх очистки використано традиційний порівняльно-описовий метод, що дозволило виявити специфічні особливості їх складу.

Для оцінки об'ємів максимально можливих скидів шахтних вод у річку західний Буг автор використав метод гідрохімічного моделювання, який полягав на встановленні закономірностей змішування шахтних вод з річковими у різні періоди за законом Огільві.

Одержані дані оброблялись за допомогою комп'ютерних програмних комплексів «Microsoft Excel», «Statistica 10.0» , «Surfer» та «Corel Draw», «Microsoft PowerPoint».

Поданий у дисертації аналітичний матеріал, що став підставою для вивчення геохімії шахтних вод, отримано на основі єдиного методичного підходу.

Таким чином, в роботі застосовано системний та комплексний підходи до об'єкта; аналіз і узагальнення фондових і опублікованих матеріалів, порівняльно-описовий метод; хіміко-аналітичні (титриметричний, фотометричний, гравіметричний, органолептичний, розрахунковий), імерсійний метод та метод порошкової рентгенівської дифрактометрії, методи математичної статистики (кореляційний, регресійний, факторний аналізи), метод гідрохімічного моделювання та методи графічного аналізу (побудова графіків, діаграм, карт).

РОЗДІЛ 4

ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ШАХТНИХ ВОД ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

4.1. Макрокомпонентний склад шахтних вод, характер взаємозв'язків між їх вмістами та особливості міграції

Оскільки поведінка компонентів в шахтних водах залежить від двох груп факторів: внутрішніх і зовнішніх, - міграцію кожного компонента можна розглядати з урахуванням дії на нього сукупності параметрів, які характеризують середовище міграції [6]. Компоненти шахтних вод вивчалися методом побудови концентраційних кривих головних іонів, які дають уявлення про вміст компонента (а відповідно і про його поведінку) при різних концентраціях розчину. Для цього на одній з осей прямокутних координат відкладався вміст компонента складу шахтних вод, а на другій – відповідну йому мінералізацію [2]. Статистична обробка отриманого набору точок здійснюється за допомогою регресійного аналізу.

Регресія – форма зв'язку між випадковими величинами, закон зміни математичного очікування однієї випадкової величини залежно від значень іншої [170]. Відображення зв'язку між двома випадковими величинами x і y у вигляді залежності $y = f(x)$ називають регресією y на x , і навпаки: y випадку $x = f(y)$ кажуть про регресію x на y . Якщо лінії регресії є прямыми, то регресію називають лінійною, в іншому випадку нелінійною.

Методи регресійного аналізу забезпечують не тільки оцінку сили зв'язку між двома ознаками, а й встановлення виду цього зв'язку у вигляді рівняння (рівняння регресії), що описує залежність між середнім значенням однієї ознаки (залежної, поведінку якої вивчають) та значеннями певної сукупності ознак (незалежних, вплив яких на залежну ознаку намагаються оцінити). Головною властивістю рівняння регресії є те, що вона мінімізує суму квадратів

(дисперсію) відхилень точок на лінії від експериментальних даних. Знання залежності у вигляді рівняння дає змогу не тільки пояснювати поведінку залежної ознаки, а й прогнозувати її значення за різних змін значень незалежних ознак [1].

Лінія рівняння регресії називається лінією тренду, що показує тенденцію зміни даних і служить для складання прогнозів. Для створення лінії тренду використовується один з п'яти типів апроксимацій (лінійна, логарифмічна, поліноміальна, степенева, експоненціальна). В даному випадку були побудовані поліноміальні лінії тренду. Поліноміальна лінія тренду є кривою, що застосовуються, якщо дані коливаються [1]. Відповідно поліноміальні лінії тренду і є концентраційними кривими, які відображають міграцію компонентів в шахтних водах різної мінералізації. Вони дозволяють виявити загальні закономірності в поведінці аніогенних і катіогенних компонентів, які головним чином зв'язані з їх хімічними властивостями, а також врахувати на їх поведінку вплив особливостей регіону – його геологічні, кліматичні, геоморфологічні і гідрогеологічні умови.

Для кожної шахти ЧГПР побудовано концентраційні криві головних аніонів у шахтних водах, які показують співвідношення вмісту аніонів (%-екв) і загальної мінералізації ($\text{мг}/\text{дм}^3$), та концентраційні криві головних катіонів у шахтних водах, які показують співвідношення вмісту катіонів (%-екв) і загальної мінералізації ($\text{мг}/\text{дм}^3$) (додаток А).

Класифікація шахтних вод за величиною мінералізації проведена по обрахованих вузлових значеннях мінералізації. «Вузли» отримані з концентраційних кривих, які відображають поведінку головних компонентів хімічного складу шахтних вод в залежності від величини мінералізації [2]. На рисунках (додаток Д) видно, що на перетині кривих (т.н. в «вузлах») хімічний склад перебудовується по переважаючих головних компонентах. Концентраційні криві, таким чином, дозволили розділити шахтні води на групи і підгрупи. Поєднавши криві по головних аніогенних і катіогенних компонентах одних з одними, а також знайшовши «вузлові» значення мінералізації шахтних

вод дозволило вивести формули хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації, а потім і загальні формули хімічного складу шахтних вод для кожної шахти ЧГПР.

На рисунках (додаток А) видно, що інтенсивність міграції неоднакова у різних іонів: іон хлору мігрує значно краще, ніж іони SO_4^{2-} і HCO_3^- , оскільки роль іону хлору весь час росте із збільшенням мінералізації, а SO_4^{2-} і HCO_3^- падає. Істотно краще мігрує і Na^+ у порівнянні з Ca^{2+} і Mg^{2+} . Із рисунків видно, що на фоні загального збільшення вмісту іонів Cl^- із збільшенням мінералізації і придушення міграції іонів SO_4^{2-} і HCO_3^- , шахтні води ЧГПР характеризуються певною специфікою: іон хлору являється головним компонентом в широкому діапазоні величин мінералізації, а іон SO_4^{2-} у цьому всьому діапазоні відіграє підпорядковану роль. Причини такої поведінки хлору і сульфатного іону полягають в особливостях формування хімічного складу підземних вод кам'яновугільного водоносного горизонту, які приурочені до морських кам'яновугільних відкладів і відображають явні сліди «морської обстановки».

Іони хлору мігрують вільно. Їх вміст збільшується із ростом мінералізації. Вирішальними в міграції хлору є два основні фактори: відсутність бар'єрів розчинності і біохімічного, всі інші фактори лише підсилюють дію цих двох [7]. Сульфатний іон характеризується утрудненою міграцією внаслідок наявності бар'єрів розчинності і біохімічного. Міграція гідрокарбонатних іонів ще більш утруднена ніж сульфатних. В цілому необхідно підкреслити, що особливості міграції цих іонів також визначаються наявністю бар'єрів розчинності і біохімічного. Значення біохімічного бар'єру в цьому випадку дуже велике [4].

Концентраційні криві, які відображають поведінку натрію і калію, схожі на криві хлору і свідчать про вільну їх міграцію. Натрій характеризується вільною міграцією в широкому діапазоні мінералізацій шахтних вод, що визначається в основному відсутністю бар'єрів розчинності і біохімічного. Концентраційні криві, що відбивають поведінку іонів кальцію свідчать про те, що цей компонент мігрує аналогічно гідрокарбонатному іону. З збільшенням

мінералізації його вміст знижується. В складі шахтних вод магній відіграє підлеглу роль. Він індиферентно відноситься до збільшення мінералізації [5].

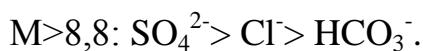
Вивчення поведінки головних макрокомпонентів в шахтних водах методом побудови концентраційних кривих показує, що для більшості компонентів основним фактором міграції є розчинність природних сполук (наявність або відсутність бар'єру розчинності). Характер цих кривих чітко відображає співвідношення факторів: при відсутності бар'єрів розчинності і біохімічного крила вмісту компоненту збільшується при збільшенні мінералізації (наприклад, криві, які показують поведінку хлору); якщо головна роль належить бар'єру розчинності, то на кривих в певному інтервалі мінералізації з'являються максимуми після яких інтенсивність міграції компонента зменшується (наприклад, криві, які показують поведінку HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+}); і якщо головним фактором є біохімічний фактор, то крила безперервно опускається із збільшенням мінералізації (наприклад, частково криві HCO_3^- , Mg^{2+}) [123].

Розглядаючи концентраційні криві аніонів і катіонів можна переконатись в тому, що за переважаючими компонентами шахтні води належать до хлоридно-натрієвих. Криві відображають загальні закономірності в зміні хімічного складу шахтних вод при збільшенні їх мінералізації. Вони показують поведінку компонентів, спричинену їх будовою (внутрішніми факторами міграції). В конкретних обстановках відбувається вплив на поведінку компонентів і зовнішніх чинників міграції, які необхідно також враховувати.

Нижче розглянемо особливості концентраційних кривих окремо для кожної шахти Червоноградського гірничопромислового району.

Шахта Великомостівська (ІВМ). Серед аніонів найбільше значення має Cl^- . При збільшенні мінералізації вміст SO_4^{2-} зростає. Аніон HCO_3^- присутній в малих кількостях. Серед катіонів найбільше значення має Na^+ . Катіони Ca^{2+} і Mg^{2+} присутні в невеликих кількостях, а лінії їх вмісту «віддзеркалюють» одну одну.

Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по аніогенних компонентах:



Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по катіогенних компонентах: $Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$.

Загальна формула хімічного складу шахтних вод з урахуванням усіх отриманих «вузлів» мінералізації і переважаючих аніонних та катіонних компонентів:



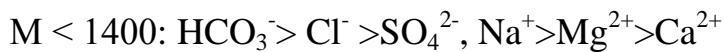
Шахта Червоноградська (2ЧГ). При мінералізації $1,4 \text{ г/дм}^3$ гідрокарбонатні води змінюються хлоридними. При збільшенні мінералізації вміст Cl^- зростає. Серед катіонів найбільше значення має Na^+ . Катіони Mg^{2+} присутні в невеликих кількостях.

Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по аніогенних компонентах:



Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по катіогенних компонентах: $Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+}$.

Загальна формула хімічного складу шахтних вод з урахуванням усіх отриманих «вузлів» мінералізації і переважаючих аніонних та катіонних компонентів:



Шахта Межирічанська (3ВМ). При збільшенні мінералізації вміст Cl^- та SO_4^{2-} зростає. Серед катіонів найбільше значення має Na^+ . Катіони Ca^{2+} і Mg^{2+} присутні в невеликих кількостях. При мінералізації $3,4 \text{ г/дм}^3$ іони магнію змінюються іонами кальцію.

Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по аніогенних компонентах: $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$.

Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по катіогенних компонентах:

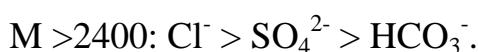
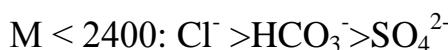


Загальна формула хімічного складу шахтних вод з урахуванням усіх отриманих «вузлів» мінералізації і переважаючих аніонних та катіонних компонентів:



Шахта Відродження (4ВМ). Серед аніонів найбільше значення має Cl^- . При збільшенні мінералізації вміст Cl^- зростає. Аніон SO_4^{2-} і HCO_3^- присутні в малих кількостях. Серед катіонів найбільше значення має Na^+ . Катіони Ca^{2+} і Mg^{2+} присутні в невеликих кількостях, а лінії їх вмісту «віддзеркалюють» одну одну.

Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по аніогенних компонентах:



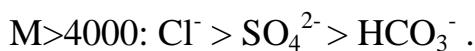
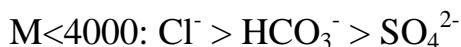
Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по катіогенних компонентах: $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$.

Загальна формула хімічного складу шахтних вод з урахуванням усіх отриманих «вузлів» мінералізації і переважаючих аніонних та катіонних компонентів:



Шахта Лісова (6ВМ). При мінералізації 4г/л гідрокарбонат-іони змінюються сульфат-іонами. При збільшенні мінералізації вміст Cl^- і Na^+ зростає.

Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по аніогенних компонентах:



Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по катіогенних компонентах: $Na+K^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$.

Загальна формула хімічного складу шахтних вод з урахуванням усіх отриманих «вузлів» мінералізації і переважаючих аніонних та катіонних компонентів:



Шахта Зарічна (7ВМ). Серед аніонів найбільше значення має Cl^- . При збільшенні мінералізації вміст Cl^- зростає. Аніон SO_4^{2-} і HCO_3^- присутні в малих кількостях. Серед катіонів найбільше значення має Na^+ . Катіони Ca^{2+} і Mg^{2+} присутні в невеликих кількостях, а ліній їх вмісту «віддзеркалюють» одна одну.

Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по аніогенних компонентах: $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$.

Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по катіогенних компонентах:



Загальна формула хімічного складу шахтних вод з урахуванням усіх отриманих «вузлів» мінералізації і переважаючих аніонних та катіонних компонентів:



Шахта Візейська (8ВМ). Серед аніонів найбільше значення має Cl^- . При збільшенні мінералізації вміст Cl^- зростає. Аніони HCO_3^- і SO_4^{2-} присутні в малих кількостях. Серед катіонів найбільше значення має Na^+ . Катіони Ca^{2+} і

Mg^{2+} присутні в невеликих кількостях. Загальна формула хімічного складу шахтних вод - $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^- / Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$.

Шахта Надія (9ВМ). Серед аніонів найбільше значення має Cl^- . При збільшенні мінералізації вміст Cl^- зростає. Серед катіонів найбільше значення має Na^+ . Катіони Ca^{2+} і Mg^{2+} присутні в невеликих кількостях.

Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по аніогенних компонентах: $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$.

Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по катіогенних компонентах:



Загальна формула хімічного складу шахтних вод з урахуванням усіх отриманих «вузлів» мінералізації і переважаючих аніонних та катіонних компонентів:



Шахта Степова (10ВМ). Серед аніонів найбільше значення має Cl^- . При збільшенні мінералізації вміст Cl^- зростає. Аніони HCO_3^- і SO_4^{2-} присутній в невеликих кількостях. Серед катіонів найбільше значення має Na^+ . Катіони Ca^{2+} і Mg^{2+} присутні в невеликих кількостях. Загальна формула хімічного складу шахтних вод - $Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{2-} / Na^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+}$.

Крім концентраційних кривих для кожної шахти побудовано такі ж криві для усіх шахтних вод ЧГПР, а саме: концентраційні криві головних аніонів у шахтних водах ЧГПР, які показують співвідношення вмісту аніонів (%-екв) і загальної мінералізації ($мг/дм^3$), та концентраційні криві головних катіонів у шахтних водах ЧГПР, які показують співвідношення вмісту катіонів (%-екв) і загальної мінералізації ($мг/дм^3$) (рис. 4.1-4.2).

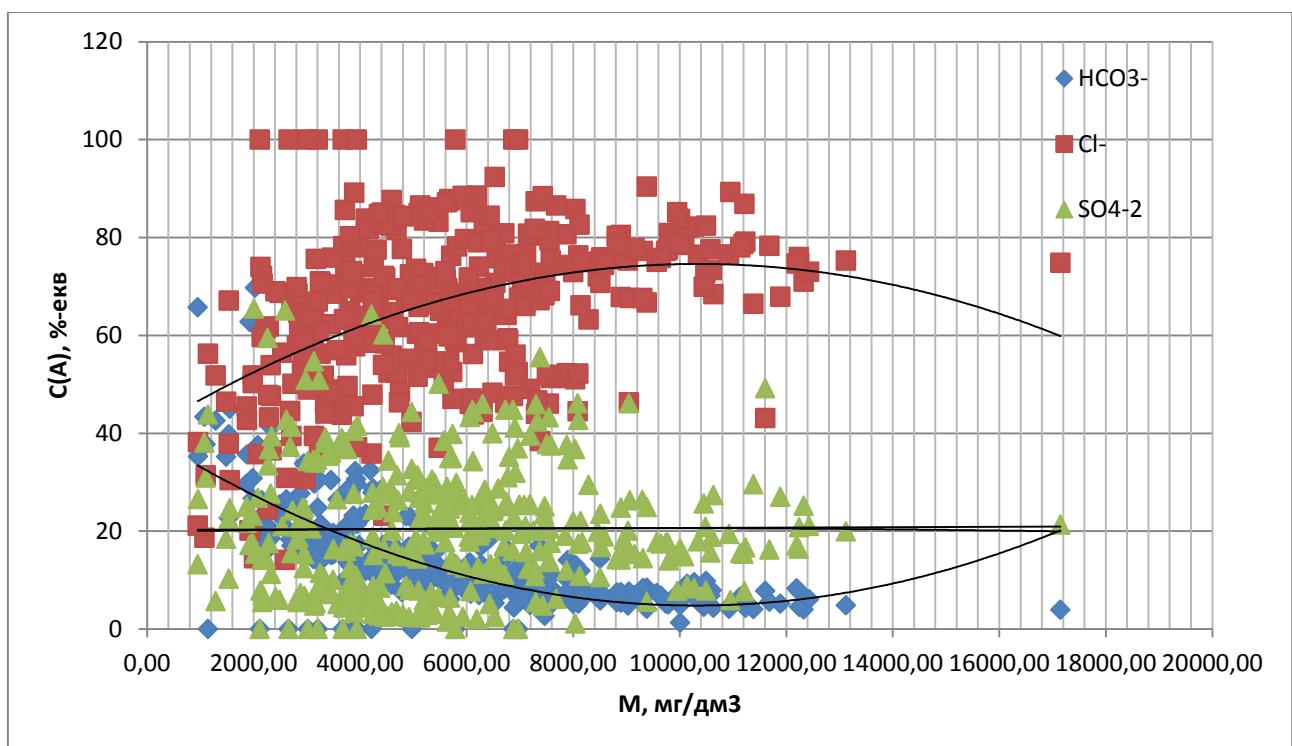


Рис.4.1. Концентраційні криві аніонів хімічного складу для усіх шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

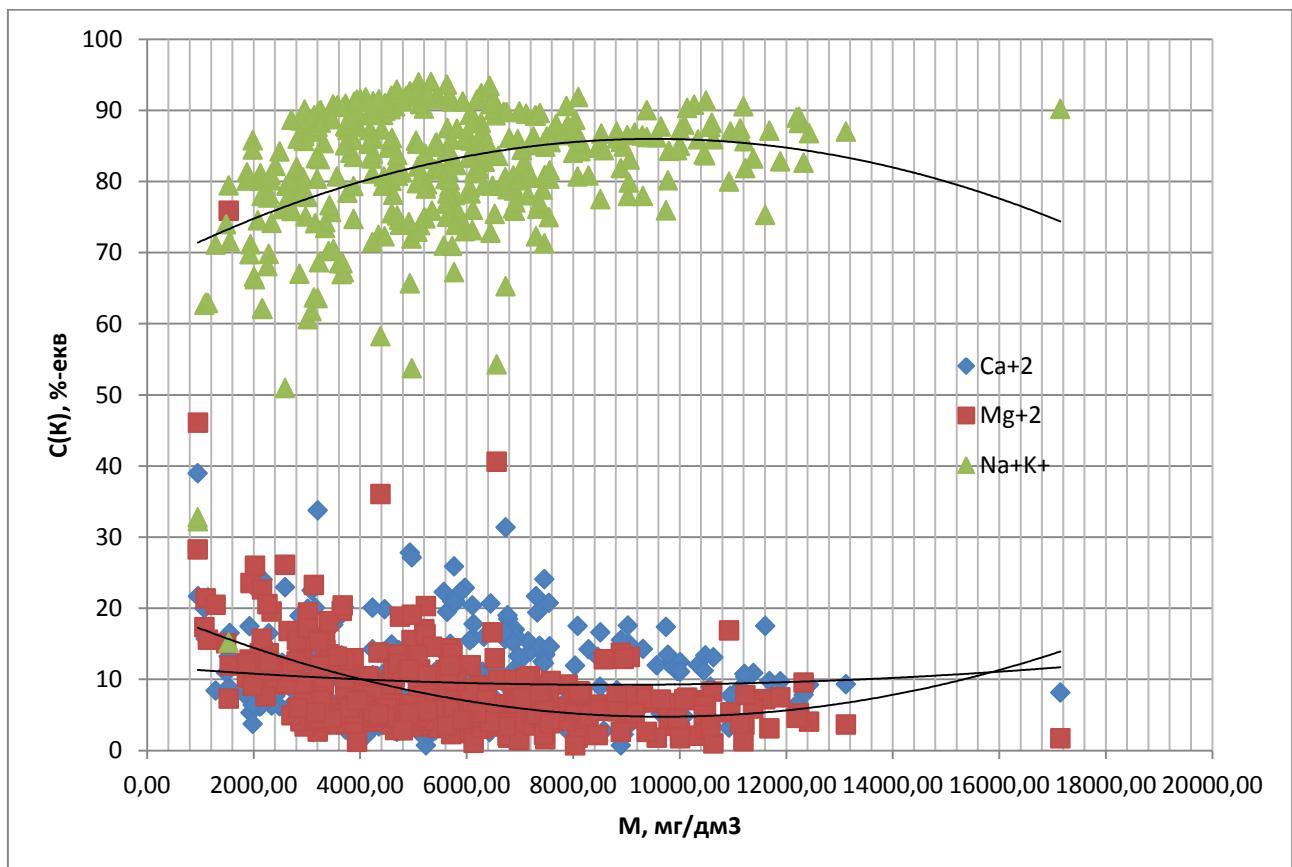
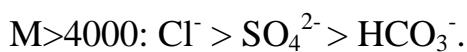


Рис. 4.2 Концентраційні криві катіонів хімічного складу для усіх шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

Розглянувши вище наведені концентраційні криві макрокомпонентів хімічного складу шахтних вод ЧГПР можна зробити наступні висновки. Чим більша мінералізація, тим більший вплив мають аніони Cl^- і менший вплив HCO_3^- і SO_4^{2-} . Серед катіонів у шахтних водах найвищі значення мають катіони Na^+ . Із збільшенням мінералізації їх вміст поступово зростає. Вміст Ca^{2+} і Mg^{2+} порівняно з Na^+ досить низький.

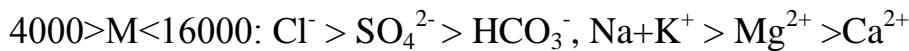
Формула хімічного складу усіх шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по аніогенних компонентах:



Формула хімічного складу шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по катіогенних компонентах:



Загальна формула хімічного складу шахтних вод з урахуванням усіх отриманих «вузлів» мінералізації і переважаючих аніонних та катіонних компонентів:



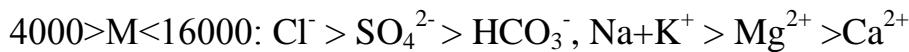
Отже, можна зробити наступні загальні висновки [20, 193]:

1) серед аніонів значно переважає Cl^- , а серед катіонів - Na^+ ; вони є домінуючими серед інших аніонів і катіонів; така поведінка зв'язана головним чином з їх хімічними властивостями;

2) зі збільшенням мінералізації вміст Cl^- та Na^+ зростає;

3) катіони Ca^{2+} і Mg^{2+} присутні в невеликих кількостях;

4) загальна формула хімічного складу усіх шахтних вод ЧГПР:





Зміна класів шахтних вод в отриманих інтервалах мінералізації по аніогенних і катіогенних компонентах для усіх шахт і для усіх шахтних вод зображені в таблиці 4.1 та на рисунках 4.3-4.4.

Встановлено, що склад шахтних вод по аніонах змінюється в такій послідовності: $HCO_3^- > Cl^- > SO_4^{2-} \rightarrow Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{2-} \rightarrow Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$; по катіонах: $Na+K^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+} \rightarrow Na+K^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} \rightarrow Na+K^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$.

Відповідно до усього вищесказаного було виявлено неоднорідність хімічного складу шахтних вод. Аналіз їх складу, який відображає результати змішування кам'яновугільних седиментаційних вод з вище лежачими підземними водами, підтверджує гіпотезу про міграцію прісних (гідрокарбонатно кальцієвих) вод сенонського водоносного комплексу в породи кам'яновугільних відкладів по зонах тектонічних розломів.

Таблиця 4.1

Класифікація шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району за величиною мінералізації (M)

№ шахти	Класи шахтних вод за Питьєвою К.Е.				Інтервали зміни M, г/дм ³	Ф-ла Курлова (за середніми значеннями)
	M г/дм ³	класи по аніонах	класи по катіонах	формула		
1 BM	M<8,8	Cl>SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺	Cl 31-76 SO ₄ 13-51 HCO ₃ 6-19 Na 54-92 Ca 3-34 Mg 1-41 SO ₄ 46 Cl 46 HCO ₃ 8 Na 80 Ca 15 Mg 5	2,9 - 9	M6,5 $\frac{Cl\ 60\ SO_4\ 29\ HCO_3\ 11}{Na\ 81\ Ca\ 12\ Mg\ 6}$
	M>8,8	SO ₄ ²⁻ >Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺			
2 ЧГ	M<1,4	HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻	Na ⁺ >Mg ²⁺ >Ca ²⁺	HCO ₃ 35-43 Cl 19-38 SO ₄ 27-38 Na 32-63 Mg 17-46 Ca 16-22 Cl 15-74 HCO ₃ 14-70 SO ₄ 5-34 Na 15-94 Mg 3-76 Ca 2-17	0,9 - 5,3	M3,1 $\frac{Cl\ 61\ HCO_3\ 29\ SO_4\ 10}{Na\ 85\ Mg\ 10\ Ca\ 5}$
	M>1,4	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ²⁻	Na ⁺ >Mg ²⁺ >Ca ²⁺			
3 BM	M<3,8	Cl>SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	Na ⁺ >Mg ²⁺ >Ca ²⁺	Cl 14-72 SO ₄ 5-65 HCO ₃ 15-40 Na 51-79 Mg 7-26 Ca 10-23 Cl 23-83 SO ₄ 6-64 HCO ₃ 7-21 Na 71-92 Ca 4-22 Mg 1-19	1,5 – 11,6	M5 $\frac{Cl\ 51\ SO_4\ 37\ HCO_3\ 12}{Na\ 78\ Ca\ 13\ Mg\ 9}$
	M>3,8	Cl>SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺			
4 BM	M<2,4	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ²⁻	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺	Cl 62-71 HCO ₃ 21-23 SO ₄ 7-18 Na 62-70 Ca 16-24 Mg 14 Cl 151-92 SO ₄ 1-34 HCO ₃ 4-23 Na 62-91 Ca 5-24 Mg 1-16	2,1 – 9,8	M5,8 $\frac{Cl\ 77\ SO_4\ 15\ HCO_3\ 8}{Na\ 83\ Ca\ 10\ Mg\ 7}$
	M>2,4	Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺			
6 BM	M<4	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ²⁻	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺	Cl 21-64 HCO ₃ 16-66 SO ₄ 13-21 Na 33-62 Ca 22-39 Mg 16-28 Cl 138-82 SO ₄ 8-55 HCO ₃ 4-13 Na 66-91 Ca 2-28 Mg 1-17	0,9 – 17,1	M9,2 $\frac{Cl\ 72\ SO_4\ 21\ HCO_3\ 7}{Na\ 84\ Ca\ 10\ Mg\ 6}$
	M>4	Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺			
7 BM	M<5,2	Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	Na ⁺ >Mg ²⁺ >Ca ²⁺	Cl 36-78 SO ₄ 15-39 HCO ₃ 7-24 Na 74-86 Mg 6-20 Ca 6-15 Cl 68-89 SO ₄ 6-26 HCO ₃ 1-14 Na 78-91 Ca 1-17 Mg 1-14	2,3 – 11,2	M7,8 $\frac{Cl\ 77\ SO_4\ 16\ HCO_3\ 7}{Na\ 85\ Ca\ 9\ Mg\ 6}$
	M>5,2	Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺			
8 BM		Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺	Cl 14-72 SO ₄ 14-65 HCO ₃ 8-28 Na 54-90 Ca 1-31 Mg 3-20	2 – 7,5	M5,2 $\frac{Cl\ 62\ SO_4\ 25\ HCO_3\ 13}{Na\ 80\ Ca\ 11\ Mg\ 9}$
9 BM	M<7,4	Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	Na ⁺ >Mg ²⁺ >Ca ²⁺	Cl 24-79 SO ₄ 13-59 HCO ₃ 6-38 Na 63-91 Mg 5-23 Ca 4-22 Cl 190 SO ₄ 6 HCO ₃ 4 Na 90 Ca 7 Mg 3	1,1 – 9,3	M3,1 $\frac{Cl\ 58\ SO_4\ 25\ HCO_3\ 17}{Na\ 80\ Mg\ 11\ Ca\ 9}$
	M>7,4	Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺			
10 BM		Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ²⁻	Na ⁺ >Mg ²⁺ >Ca ²⁺	Cl 52-89 HCO ₃ 8-43 SO ₄ 2-19 Na 71-91 Mg 3-21 Ca 1-11	1,2 – 6,4	M4,3 $\frac{Cl\ 81\ HCO_3\ 14\ SO_4\ 5}{Na\ 90\ Mg\ 6\ Ca\ 4}$
усі шахтні води	M<4	Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻ >SO ₄ ²⁻	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺	Cl 14-89 HCO ₃ 6-70 SO ₄ 3-65 Na 15-92 Ca 1-76 Mg 1-39	0,9 – 17,1	M3-9,2 $\frac{Cl\ 60-81\ SO_4\ 5-37\ HCO_3\ 7-29}{Na\ 78-90\ Ca\ 4-13\ Mg\ 6-11}$
	4<M>16	Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	Na ⁺ >Mg ²⁺ >Ca ²⁺	Cl 23-92 SO ₄ 1-64 HCO ₃ 1-32 Na 54-94 Mg 1-41 Ca 1-31		
	M>16	Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺	Cl 175 SO ₄ 21 HCO ₃ 4 Na 90 Ca 8 Mg 2		

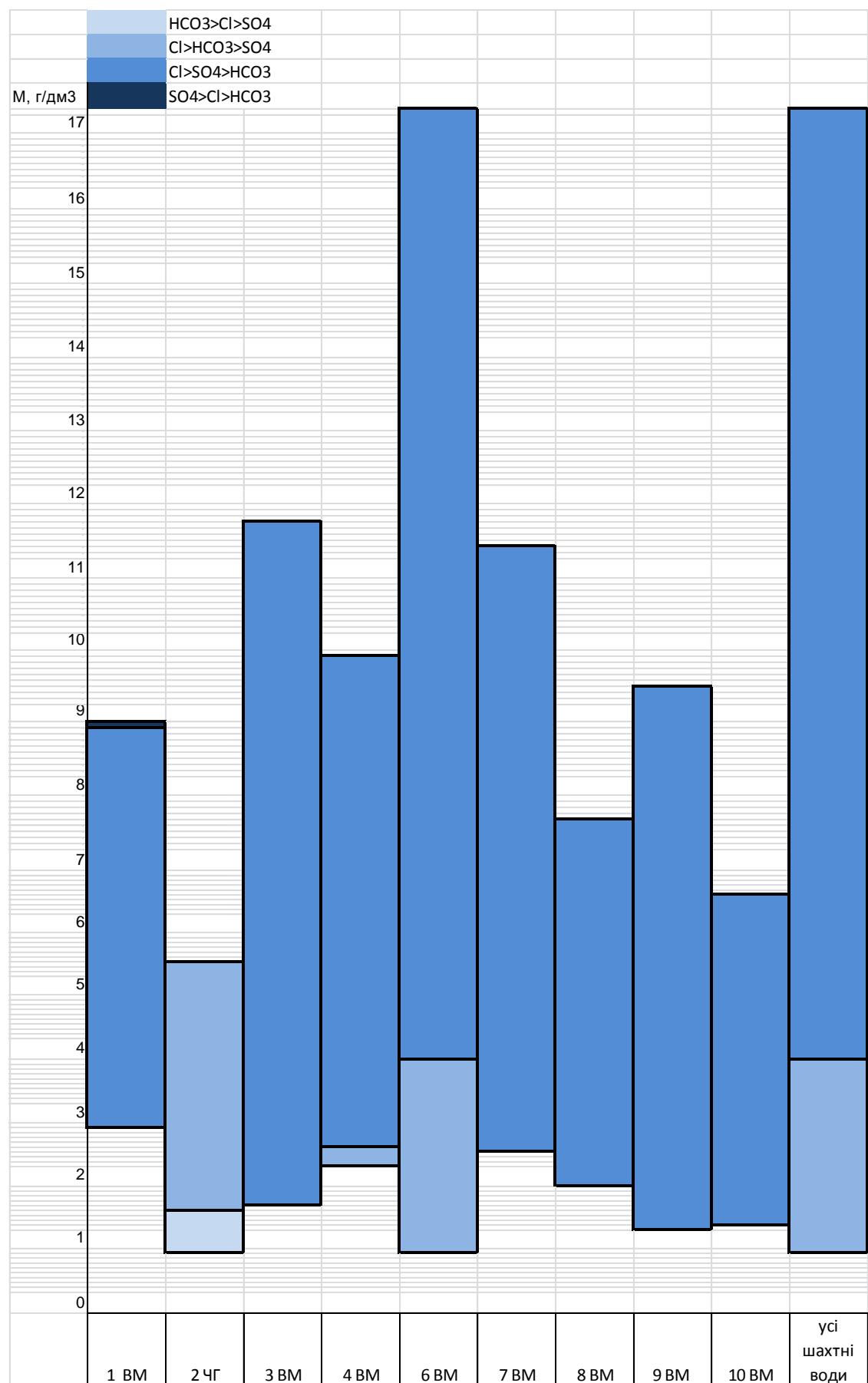


Рис. 4.3. Схема зміни класів шахтних вод по аніогенних компонентах в отриманих інтервалах мінералізації

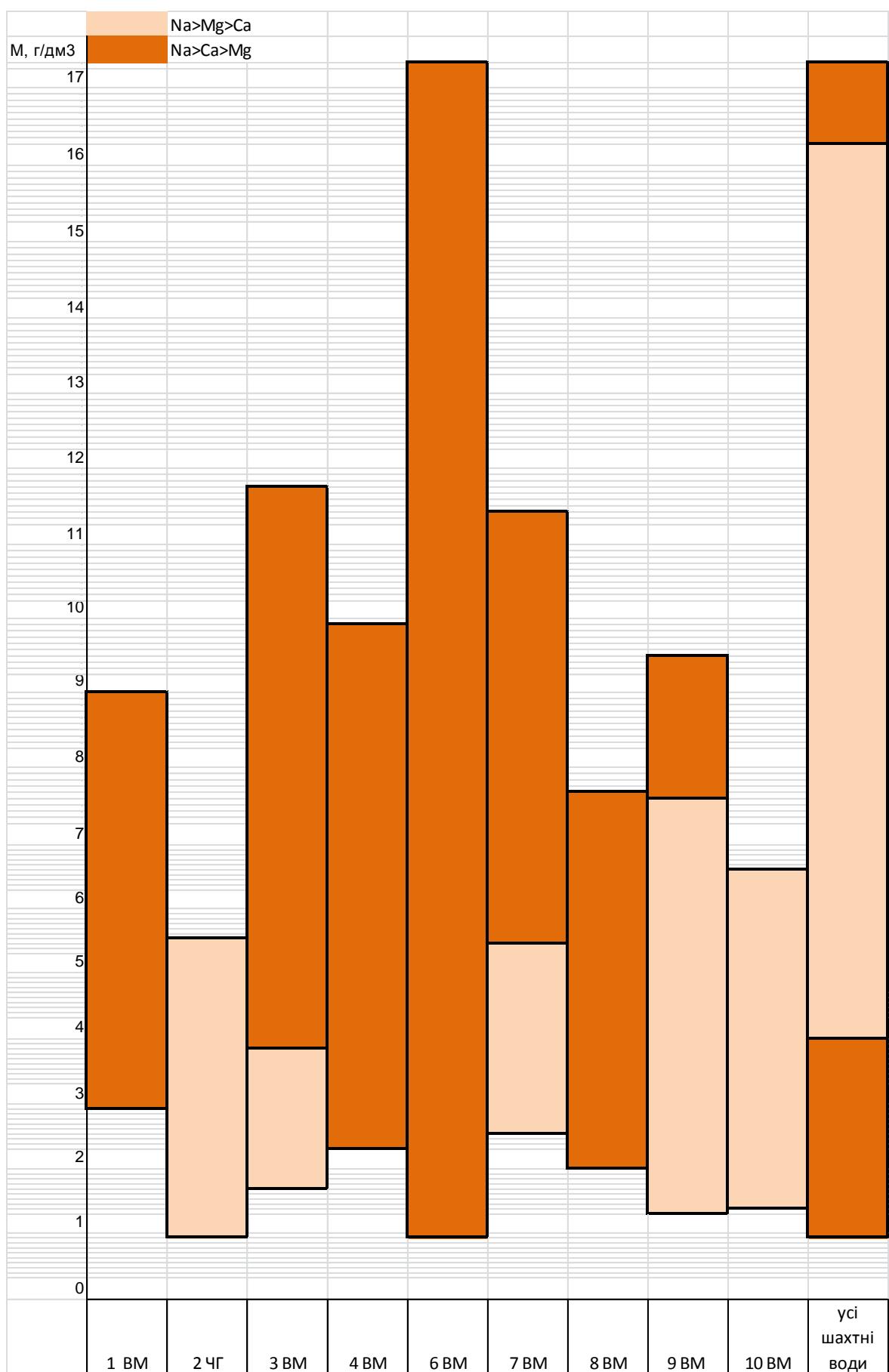


Рис. 4.4. Схема зміни класів шахтних водах по катіогенних компонентах в отриманих інтервалах мінералізації

4.2. Розповсюдження мікроелементів у шахтних водах

Крім різних мінеральних солей та інших хімічних сполук у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району виявлено різноманітні мікроелементи. Ці елементи у водах знаходяться у незначних кількостях (менше 10 мг/л) і не визначають хімічного типу води через низьку величину кларка і погану розчинність природних з'єднань [139].

Для шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району найбільш характерними мікроелементами є: барій, купрум, цирконій, стронцій, титан, силіцій, манган, хром, нікель, молібден, літій, алюміній, лантан. Рідше зустрічаються пломбум, йод, бром та флуор. В одиночних пробах в незначних кількостях виявлені цинк, рубідій, кобальт, ітрій. В досліджуваних нами водах немає стануму, фосфору, германія, галію, берилію (табл. 4.2).

Міграція мікроелементів залежить від внутрішніх та зовнішніх факторів. Зовнішні фактори визначаються фізико-хімічними умовами середовища, а внутрішні – фізико-хімічними властивостями мікроелементів та будовою компонентів [150]. Форми знаходження мікроелементів у розчині є різноманітними. Вони можуть бути присутніми у вигляді вільних іонів, недисоційованих та напівдисоційованих молекул, комплексних сполук, колоїдів та сусpenзій [115]. Такі елементи як барій, стронцій, літій, рубідій, цезій, а також манган, купрум, цинк, ферум, нікель, флуор, бром та інші часто є присутніми в шахтних водах у вигляді простих іонів. В залежності від будови зовнішніх електронних оболонок, хімічні елементи у водному середовищі утворюють різні міграційні комплексні сполуки (табл. 4.3) [150]. Міграція у вигляді колоїдів є характерною для таких хімічних елементів як Si, Al, Fe, Mn, P, As, Zn, Pb, Cu, Ni, Cr, Ti, Bi, Cd, Pt. У шахтних водах міграція мінеральної речовини включно з мікроелементами, часто відбувається у вигляді сусpenзій. Частинки дисперсної фази під дією сили тяжіння осідають. Вугілля у суміші з шахтними водами утворює водовугільну сусpenзію, яка також є носієм широкої гами хімічних елементів.

Таблиця 4.2

**Вміст мікроелементів у шахтних водах Червоноградського
гірничопромислового району (узагальнено за даними В. В. Харкевича, 2016 р.)**

шахта	Ф-ла Курлова	M, мг/дм ³	мікрокомпоненти, мг/дм ³										
			Ba	Cu	Zr	Sr	Ti	Si	Y	Mn	Cr	Ni	Mo
1 BM	M5,5 Na90 / Cl82	5540		0,0044	0,0277	3,49				0,277	0,022	0,0111	0,0055
3 BM	M4,7 Na95 / Cl92	4562				2							
3 BM	M3,2 Na 79 / Cl47 SO ₄ 37	3190		0,0102	0,016	6,38				0,0479	0,0201	0,008	0,0032
3 BM		2850	0,2451	0,002394	0,0105	10,55	0,00728	5,7		0,2052	0,0049		0,12
3 BM				0,0063	0,0181	15,7			0,005	0,0196		0,0077	0,0074
3 BM				0,007		20,7			0,0159				
сер. знач		3534	0,2451	0,006474	0,014867	9,803333	0,00728	5,7	0,01045	0,0909	0,0125	0,00785	0,043533
4 BM	M6,4 Na 89 / Cl77	6396		0,0032		1,28				0,032	0,0127	0,0096	
4 BM	M5,3 Na 94 / Cl 79	4839				0,6				0,2			
4 BM		1900	0,1482	0,0247		3,8		0,209		0,0969			0,0019
4 BM	M4,6Na91 / Cl80	4639	0,91	0,0062	0,0017	18,2	0,301	1,3		0,153			0,0136
4 BM	M5,3 Na90 / Cl86	5762	0,747	0,0181		27,3		0,7	0,0141	0,0835			
4 BM		2468	0,25	0,02			0,11			0,02			0,04
4 BM		3172	1,4	0,03			1,9	0,14	14		0,6		
сер. знач		4168	0,69104	0,017033	0,0017	8,846667	0,183667	4,05225	0,0141	0,159538	0,0127	0,0096	0,0185
6 BM	M12 Na87 / Cl79	11972		0,0075	0,0754	2,993				0,1796	0,0239	0,18	
6 BM	M3,5 Na60 Ca36 / SO ₄ 51 Cl37	3450	0,2312			8,38		1,34		1,441			
6 BM	M3,5 Na51 Ca29 Mg20 / Cl60 SO ₄ 33	3455	0,157	0,14	0,0326	29,7	0,306	6,9		0,417			0,95
6 BM		10212	0,81	0,1		7,5	0,2	20,4		0,45			
6 BM		8600	0,68	0,08		7,4	0,39	9,8		6,91		0,08	
6 BM		9232	180	0,09		11,7	0,18	7,4		0,09			
сер. знач		7820,167	36,37564	0,0835	0,054	11,27883	0,269	9,168		1,581267	0,0239	0,13	0,95
7 BM	M11,6 Na89 / Cl60 SO ₄ 33	11340				9				0,2			
7 BM		480				2,2				0,68	0,8		
7 BM	M0,5 Ca48 Na29 / HCO ₃ 89	542	0,433	0,0017	0,01	1,355				0,021	0,0021	0,0054	
7 BM		2680				3,7				0,11			
7 BM	M2 Na82 / Cl44 HCO ₃ 38	2046	0,378	0,00162	0,0146	5,22		10,08					0,0702
7 BM	M0,5 Na53 Mg32 / HCO ₃ 85	542	0,485	0,0029	0,0145	5,3		12,8		0,465		0,0032	0,0216
7 BM	M7,4 Na80 / Cl69 SO ₄ 24	7385	0,191	0,009		2,7	0,352	0,47		0,42			
сер. знач		3573,571	0,37175	0,003805	0,013033	4,210714	0,352	7,783333		0,316	0,40105	0,0043	0,0459
8 BM	M6,8 Na94 / Cl91	6880				4,5							
8 BM	M4,6 Na81 / Cl63 SO ₄ 28	4634		0,0016		2,32				0,092	0,0116	0,0116	
8 BM	M6,9 Na83 / Cl68 SO ₄ 24	6970	0,2835	0,0743				14,13		0,3308			
8 BM	M7,5 Na81 / Cl67 SO ₄ 26	7500	0,227	0,0093		6,8	0,41	0,34		0,5433			
8 BM			0,0425	0,0043	0,003	4	0,007	1,7		0,00155	0,0011	0,0015	0,0017
8 BM		8990	0,18			8,5	0,18	42		4,2			
8 BM		9942	79,5	0,1		15,8	0,2	9,4		0,1	0,1	0,2	
8 BM		8527	64,8	0,09		9,9	0,18	17		0,09			
8 BM	M2,9 Na81 / Cl60 SO ₄ 23	2932	0,0992	0,0057		13,5		10,8					0,0092
8 BM	M6,6 Na85 / Cl69 SO ₄ 23	6606			0,033	1,65	0,53			0,053	0,441	0,71	
8 BM	M8,3 Na91 / Cl53 SO ₄ 39	8290			0,0265	1,66					0,833	0,78	
сер. знач		7127,1	20,73317	0,040743	0,020833	6,863	0,251167	13,62429		0,676331	0,27734	0,34062	0,00545
9 BM	M9,5 Na90 / Cl97	9427	9,11		0,23	31,6	0,21			0,23	0,075	0,031	0,02
9 BM		1750	0,525					10,33		0,0315			
9 BM	M2,4 Na95 / Cl57 HCO ₃ 29	2410		0,00298									0,0044
9 BM	M8,5 Na95 / Cl47 SO ₄ 41	8526	0,0156	0,0008		0,6	0,0172	0,4					0,0012
9 BM	M3,4 Na84 / Cl70	3376	0,14	0,0023	0,013	9		5,2					0,0084
сер. знач		5097,8	2,44765	0,002027	0,1215	13,73333	0,1136	5,31		0,13075	0,075	0,031	0,0085
10 BM		6243				2,8				1,32	0,2		
10 BM			7,09		0,16	19,99	0,44			0,08	0,066	0,03	0,02
10 BM	M3 Na89 / Cl79	2986	0,1493	0,0024	0,0149	2,389				0,0239	0,006	0,006	
10 BM	M4 a91 / Cl73 HCO ₃ 23	3994	0,992	0,00775		3,41		11,16		0,0651			
10 BM	M6,1 Na93 / Cl88	6070	0,747	0,0181		27,3		0,7		0,0835			
сер. знач		4823,25	2,244575	0,009417	0,08745	11,1778	0,44	5,93		0,3145	0,090667	0,018	0,02
2 ЧГ	M1,3 Na66 / Cl38 HCO ₃ 33 SO ₄ 29	1334	0,2	0,0067	0,0534	8,4				0,0534	0,0033	0,006	
2 ЧГ			0,176	0,0069	0,0818	8,2	0,201	12,7		0,124		0,02	0,0246
сер. знач		1334	0,188	0,0068	0,0676	8,3	0,201	12,7		0,0887	0,0033	0,013	0,0246

Продовження таблиці 4.2

шахта	Ф-ла Курлова	M, мг/дм ³	мікрокомпоненти, мг/дм ³								
			Li	Pb	Zn	Rb	Al	La	Co	J	Br
1 BM	M5,5 Na90 / Cl82	5540	0,44								
3 BM	M4,7 Na95 / Cl92	4562	0,1	0,003	0,006	0,01				0,8	8,5
3 BM	M3,2 Na 79 / Cl47 SO ₄ 37	3190	0,3828								
3 BM		2850					0,1739	0,0884			
3 BM								0,0625			
3 BM								0,17			
сер. знач		3534	0,2414	0,003	0,006	0,01	0,1739	0,106967		0,8	8,5
4 BM	M6,4 Na 89 / Cl77	6396									
4 BM	M5,3 Na 94 / Cl 79	4839	0,06							0,9	7,4
4 BM		1900					0,019	0,0632			
4 BM	M4,6Na91 / Cl80	4639					0,241	0,02			
4 BM	M5,3 Na90 / Cl86	5762					0,04	0,173			
4 BM		2468	0,07								
4 BM		3172	0,04				1,4	0,06	0,06		
сер. знач		4168	0,056667				0,425	0,07905	0,06	0,9	7,4
6 BM	M12 Na87 / Cl79	11972	0,3931	0,0599							
	M3,5 Na60 Ca36 / SO ₄ 51 Cl37	3450					0,0905	0,0871			
	M3,5 Na51 Ca29 Mg20 / Cl60 SO ₄ 33	3455					1,79	0,284			
6 BM		10212	0,18				0,2	0,1	0,2		0,43
6 BM		8600	0,14				4	0,08	0,16		
6 BM		9232	0,2				0,09	0,09	0,18		0,43
сер. знач		7820,167	0,228275	0,0599			1,2341	0,12822	0,18		0,43
7 BM	M11,6 Na89 / Cl60 SO ₄ 33	11340	0,3	0,008						0,4	12,5
7 BM		480	0,18								0,3
7 BM	M0,5 Ca48 Na29 / HCO ₃ 89	542		0,0027							
7 BM		2680	0,11								0,3
7 BM	M2 Na82 / Cl44 HCO ₃ 38	2046					0,081	0,0576			
7 BM	M0,5 Na53 Mg32 / HCO ₃ 85	542					0,114	0,0715			
7 BM	M7,4 Na80 / Cl69 SO ₄ 24	7385					0,081	0,225			
сер. знач		3573,571	0,196667	0,00535			0,092	0,118033		0,4	4,366667
8 BM	M6,8 Na94 / Cl91	6880	0,1							0,8	12,5
8 BM	M4,6 Na81 / Cl63 SO ₄ 28	4634									1
8 BM	M6,9 Na83 / Cl68 SO ₄ 24	6970					0,1215	0,2295			
8 BM	M7,5 Na81 / Cl67 SO ₄ 26	7500						0,314			
8 BM							0,0475	0,0055			
8 BM		8990	0,25				0,72	0,18			0,22
8 BM		9942	0,24	0,46			0,1	0,1	0,2		0,43
8 BM		8527	0,21				0,18	0,09	0,18		0,22
8 BM	M2,9 Na81 / Cl60 SO ₄ 23	2932					0,106	0,0465			
8 BM	M6,6 Na85 / Cl69 SO ₄ 23	6606		0,45					0,225		9,02
8 BM	M8,3 Na91 / Cl53 SO ₄ 39	8290		0,817					0,4		0,32
сер. знач		7127,1	0,2	0,575667			0,2125	0,137929	0,25125	0,8	5,01
9 BM	M9,5 Na90 / Cl97	9427	0,1	0,009							
9 BM		1750					0,298	0,0685			
9 BM	M2,4 Na95 / Cl57 HCO ₃ 29	2410									
9 BM	M8,5 Na95 / Cl47 SO ₄ 41	8526					0,0108				
9 BM	M3,4 Na84 / Cl70	3376					0,0777	0,107			
сер. знач		5097,8	0,1	0,009			0,18785	0,0621			
10 BM		6243	0,09								10,3
10 BM			0,1	0,04						0,8	16,7
10 BM	M3 Na89 / Cl79	2986	0,1881								1,2
10 BM	M4 a91 / Cl73 HCO ₃ 23	3994					0,0961				
10 BM	M6,1 Na93 / Cl88	6070					0,04	0,173			
сер. знач		4823,25	0,126033	0,04			0,04	0,13455		0,8	13,5
2 ЧГ	M1,3 Na66 / Cl38 HCO ₃ 33 SO ₄ 29	1334	0,2668								
2 ЧГ							0,073	0,227			
сер. знач		1334	0,2668				0,073	0,227			

Таблиця 4.3

Форми міграції хімічних елементів [66]

Хімічні елементи	Форми міграції
<i>Li, Na, K, Pb, Cs, Ca, Sr, Ba</i>	Me^{n+}
<i>Mg, Be, Al, Sc, V, La, Ti, Zr, Nb, Ta</i>	$Me^{n+}, MeF_n^{m-}, MeF_n^{-2}, Me(CO_3)_n^{m-}, Me(OH)_n^{m-}$
<i>Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg, Pb, Bi, Mn, Fe</i>	$Me^{n+}, MeBr_n^{m-}, MeCl_n^{m-}, Me(SO_4)_n^{m-}, Me(HS)_n^{m-}, MeOH_n^{m-}, Me(CO_3)$
<i>B, C, Si, N, V, S, Se, W, F, Cl, J</i>	A^k, MeS_n^{m-}
<i>Ge, As, Sb</i>	MeO_n^{m-}, MeS_n^{m-}

Причиною незначних концентрацій мікроелементів в водах являється їх мала поширеність у природі та слабка міграційна здатність. Ряд факторів перешкоджає міграції макрокомпонентів у водному середовищі. До таких відносяться: присутність у розчинах аніонів OH^- , CO_3^{2-} , іноді HS^- (катіони важких металів утворюють із цими аніонами слабко розчинні сполуки); адсорбція їх глинистою речовиною та вилучення їх з водних розчинів живими організмами [115].

Надходження мікроелементів у шахтні води пов'язане з ендогенними і екзогенними процесами. А переважна більшість пов'язана з процесами катагенезу та метаморфізму порід, реакціями обміну у природних геохімічних системах, і також з антропогенным забрудненням [139, 150]. Вірогідним джерелом надходження мікроелементів у шахтні води може бути сучасний тепломасоперенос, осередки якого приурочені до розривних тектонічних порушень [88, 140, 150].

Основним джерелом надходження мікроелементів у шахтні води слід назвати осадові породи водоносних горизонтів (пісковики, алевроліти та аргіліти) та вугілля. Середні вмісті мікроелементів у породах і вугіллі району досліджень наведено в таблиці 4.4.

Мінеральні включення у вугіллі району досліджень, за даними Е. П. Сливка, представлені переважно кальцитом, піритом, каоліном, халцедоном; значно рідше в них спостерігаються кварц, серицит, малантерит, доломіт і слюда. Часто у піриті наявні домішки кобальту, нікелю, арсенію,

купруму, селену та ін., а в халцедоні – оксиди і гідроксиди феруму, нікелю і мангану [9, 137].

Таблиця 4.4

Середній вміст хімічних елементів у вугіллі та вугленосних породах Львівсько – Волинського кам'яновугільного басейну [62, 63, 71]

Хімічний елемент	Середнє у вугіллі, г/т	Вугленосні породи, г/т	Хімічний елемент	Середнє у вугіллі, г/т	Вугленосні породи, г/т
Ba	399	351	Pb	9,5	21
Be	3,3	7,2	Sc	11	25
Bi		0,9	Sn	0,8	2,8
Co	62	14	Sr	248	177
Cr	16	108	Ti	939	3777
Cu	64	27	V	37	85
Ga	6,7	15,5	Y	24	17
Mn	164	620	Yb	2,9	1,9
Mo	4,2	2,2	Zn	24	93
Ni	18	30	Zr	50	165
P	597	563	W		1,8

Дослідження вказують, що глинисті мінерали аргілітів в основному представлені гідрослюдами і каоліном. Крім глинистих мінералів в аргілітах знаходяться домішки кварцу, лусочки серициту і мусковіту, сфероліти і таблички сидериту, пірит, рослинні обвуглені частинки. Площини нашарування іноді густо присипані лусочками слюди. В концентратах серед акцесоріїв, виділених із зразків аргілітів, крім цих мінералів в змінних кількостях містяться польовий шпат, біотит, мусковіт, циркон, гранат, рутил, турмалін, шпінель, хлорит, монацит, ксенотит та апатит [9, 137].

Алевроліти складені кластичними зернами і цементом. Зерна представлені кварцом, білою слюдою і хлоритом, зрідка зустрічаються уламки плагіоклазу і мікрокліну. Цементом є глиниста кремениста речовина. Із акцесорних мінералів в концентраті алевролітів переважають циркон, гранат, ільменіт, рутил, монацит, турмалін, рідше анатаз, шпінель, епіidot [8, 9].

Пісковики кварцові і слюдисто-кварцові з кременисто-глинистим цементом. Головною складовою всіх пісковиків є зерна кварцу (не менше 80 %,

найчастіше 90-96 %). Крім кварцу, в складі уламкової частини є зерна польового шпату, мусковіту, біотиту, хлориту, уламки порід та інші другорядні мінерали. Сума всіх уламків не перевищує 4-10 %. Уламки порід представлені серицитовими і хлоритовими сланцями і кварцитами, а польові шпати – переважно кислим плагіоклазом (альбіт – олігоклаз) і лише в незначних кількостях спостерігається ортоклаз і мікроклін [9]. Часто, але не завжди, в пісковиках, в підпорядкованій кількості знаходиться тонкодисперсний карбонат – кальцит, сидерит і оксиди феруму [137]. В тяжкій фракції пісковиків знаходиться значна кількість анкериту і бариту.

У випадку переходу речовини із твердої фази у рідинну може відбуватися розчинення (руйнування кристалічної структури мінералів та гірських порід) та вилуговування (вилучення деяких компонентів з твердої фази і їх перехід у розчин) її. Розчинність, або інтенсивність насичення розчину компонентами твердої фази [150], для різних хімічних сполук є різною. Одним із найважливіших факторів переходу речовини у шахтні води є присутність в них двооксиду вуглецю, оскільки він визначає можливість шахтних вод розчиняти мінерали і породи (особливо карбонатного складу).

Із зміною хімічного складу шахтних вод спостерігається зміна концентрацій мікроелементів (табл. 4.2). Мінімальні концентрації більшості мікроелементів характерні для слабо мінералізованих гідрокарбонатно-хлоридних вод змішаного катіонного складу. Максимальні концентрації цих мікроелементів найчастіше встановлюються у шахтних водах хлоридно-натрієвого та сульфатно-хлоридно натрієвого складу, що відрізняються підвищеною мінералізацією. Це насамперед відноситься до барію, купруму, мангану, хрому, нікелю, молібдену, кобальту, плюмбуму та літію, а також для ітрію, титану, алюмінію, лантану, силіцію, цирконію та стронцію (рис. 4.5-4.6). Такий розподіл вмістів мікроелементів в різних геохімічних типах вод пояснюється встановленим збільшенням їх рухливості з зростанням величини мінералізації шахтних вод.

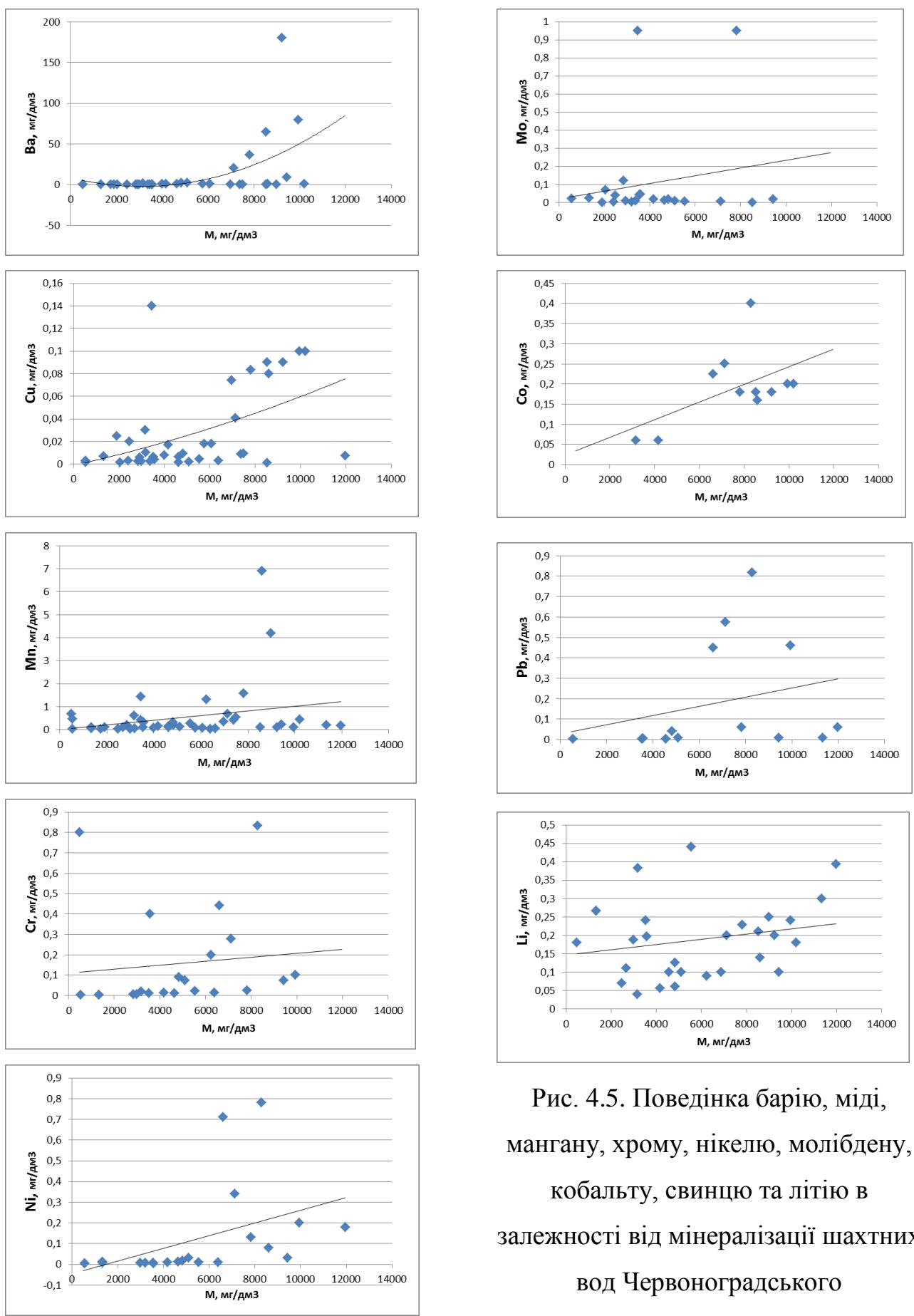


Рис. 4.5. Поведінка барію, міді, мангану, хрому, нікелю, молібдену, кобальту, свинцю та літію в залежності від мінералізації шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

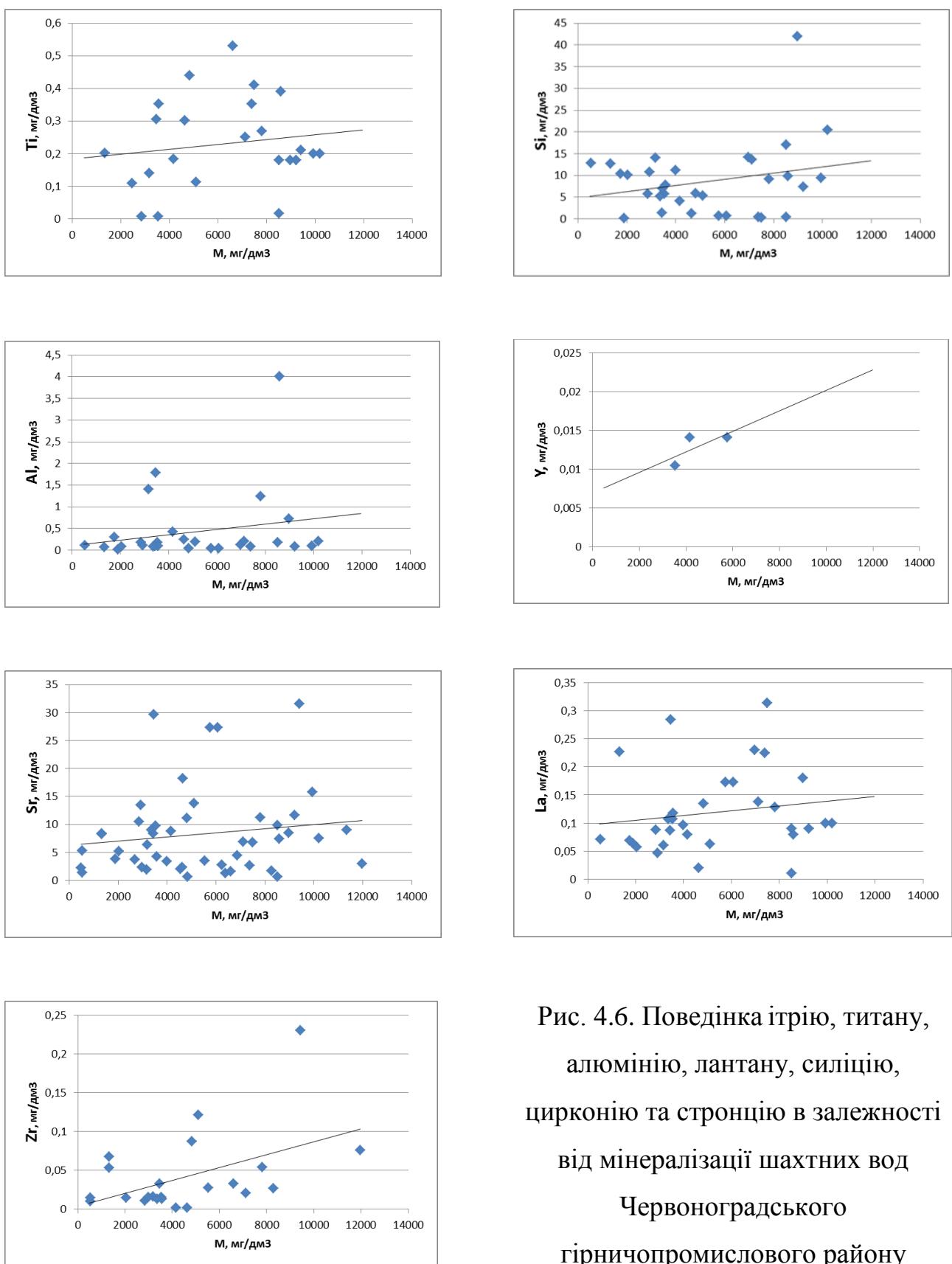


Рис. 4.6. Поведінка ітрію, титану, алюмінію, лантану, силіцію, цирконію та стронцію в залежності від мінералізації шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

Дані результати підтверджує проведений і кореляційний аналіз для мікроелементів шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району (табл. 4.5). Для кількісної оцінки кореляційного зв'язку застосовують коефіцієнт кореляції (r), який є показником міри залежності між ймовірними величинами. Кореляційний зв'язок може бути прямим або зворотним: при прямому зв'язку зі зростанням одного показника зростає інший, а при зворотному – при зростанні одного показника другий зменшується. При величині r , що близька чи дорівнює нулю, досліджувані показники незалежні, а при значенні $r = \pm 1$ вони зв'язані лінійною залежністю.

Таблиця 4.5

Матриця коефіцієнтів кореляції між мікрокомпонентами шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

	<i>M</i>	<i>Ba</i>	<i>Cu</i>	<i>Zr</i>	<i>Sr</i>	<i>Ti</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Mo</i>	<i>Li</i>	<i>Pb</i>	<i>Al</i>	<i>La</i>
<i>M</i>	1,00														
<i>Ba</i>	0,85	1,00													
<i>Cu</i>	0,73	0,98	1,00												
<i>Zr</i>	0,01	-0,03	-0,08	1,00											
<i>Sr</i>	0,12	0,13	0,21	0,69	1,00										
<i>Ti</i>	0,21	0,17	0,17	0,10	-0,28	1,00									
<i>Si</i>	0,11	0,43	0,35	-0,06	-0,41	0,17	1,00								
<i>Mn</i>	0,77	0,97	0,96	-0,02	0,14	0,30	0,32	1,00							
<i>Cr</i>	0,11	0,01	-0,05	-0,25	-0,44	0,47	0,28	0,05	1,00						
<i>Ni</i>	0,66	0,68	0,60	-0,14	-0,04	0,11	0,67	0,53	0,37	1,00					
<i>Mo</i>	0,56	0,84	0,89	0,06	0,29	0,12	0,12	0,92	-0,20	0,21	1,00				
<i>Li</i>	0,03	0,29	-0,01	-0,23	-0,61	-0,12	0,68	0,09	-0,13	-0,02	0,07	1,00			
<i>Pb</i>	0,57	0,41	0,33	-0,32	-0,34	0,09	0,91	0,22	0,37	0,96	-0,15	0,16	1,00		
<i>Al</i>	0,65	0,83	0,90	-0,08	0,28	-0,01	0,02	0,88	-0,30	0,24	0,95	0,10	-0,05	1,00	
<i>La</i>	-0,37	0,06	0,07	0,03	-0,34	0,26	0,76	0,05	-0,05	0,10	0,04	0,71	0,46	-0,14	1,00

Найбільша кількість статистично значимих кореляційних зв'язків між досліджуваними мікроелементами спостерігається між мінералізацією та барієм, купрумом, мanganом, нікелем, молібденом, алюмінієм та пллюмбумом; між барієм, купрумом, мanganом, нікелем, молібденом та алюмінієм; між стронцієм та цирконієм; силіцієм та нікелем, літієм, пллюмбумом та лантаном. Дані зв'язки пояснюються переважно їх близькими фізико-хімічними властивостями та умовами формування.

Закономірності розповсюдження мікроелементів у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району мають певні особливості (рис. 4.7).

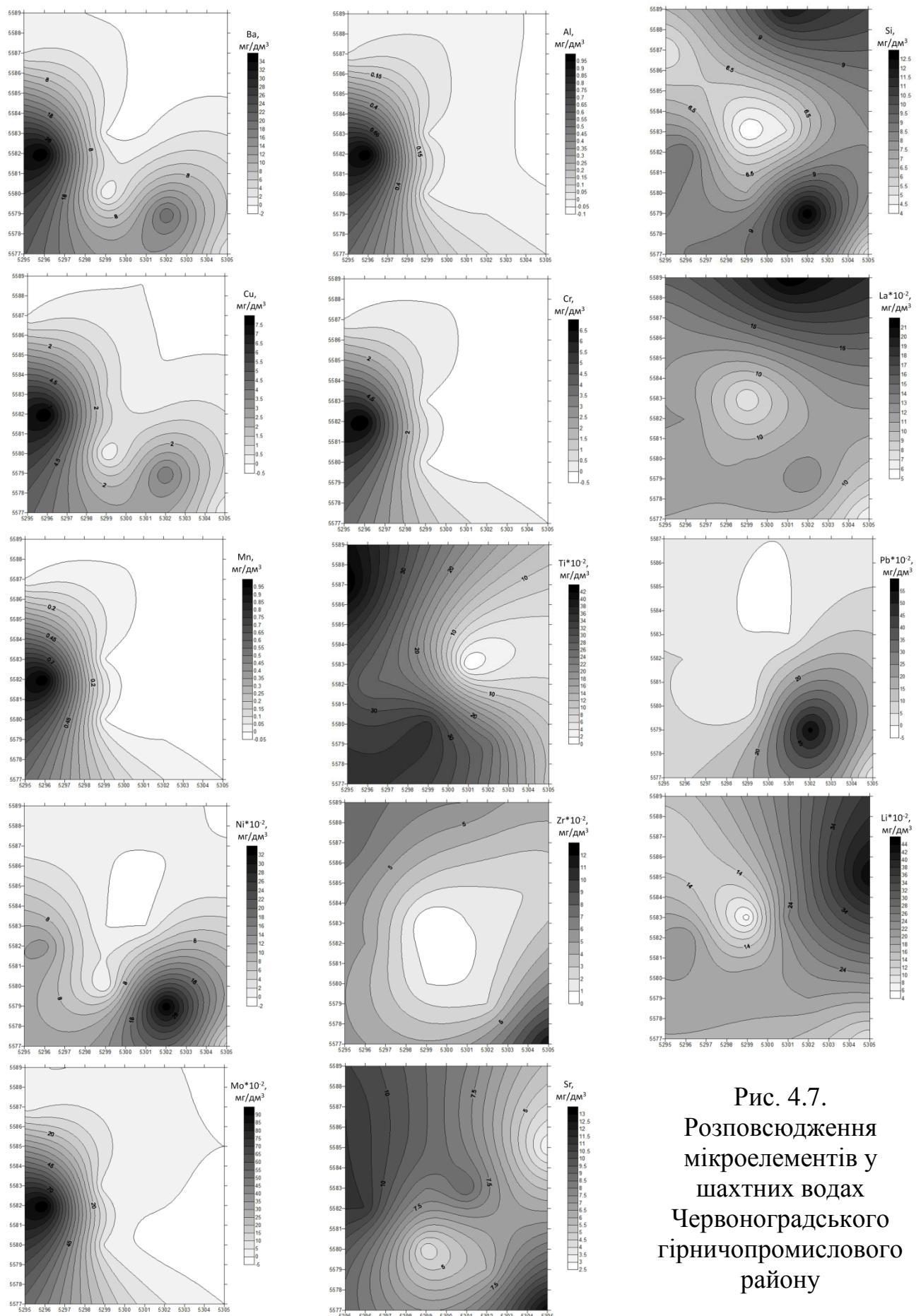


Рис. 4.7.
Розповсюдження
мікроелементів у
шахтних водах
Червоноградського
гірничопромислового
району

Простежується певна закономірність зростання вмісту мікроелементів з північного сходу на південний захід, де вони набирають чітко виявленіх мінеральних властивостей. Ця закономірність посилюється в південному та південно західному напрямках як внаслідок більшої метаморфізації самих вод карбону внаслідок більш надійної їх ізоляції за рахунок покращення водотривких властивостей товщі туронських крейдоподібних вапняків. Поверхня палеозойських і юрських відкладів району досліджень полого нахиlena на південний захід, потужність вугленосної товщі також збільшується в південно-західному напрямку, проте синклінальна складка в межах якої розташований район досліджень простягається з півдня - південного сходу на північ – північний захід. Поведінка мікроелементів підпорядковується тій же регіональної закономірності, яка спостерігається для великої частини основних інгредієнтів і виражається в підвищенному вмісті їх в найбільш мінералізованих хлоридно-натрієвих водах, які виявлені в найбільш занурених ділянках Червоноградського гірничопромислового району.

Розглянемо особливості розповсюдження і міграції у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району деяких з мікроелементів.

Барій. Барій відноситься до лужноземельних металів і не відноситься до числа високо рухливих елементів, досить добре абсорбується глинистими частками, гідроксидами заліза і марганцю, органічними колоїдами, що знижує його рухливість у воді [115]. Вміст барію у шахтних водах збільшується в південному та південно-західному напрямках. Максимальний вміст барію встановлений у шахтних водах 6 ВМ (180 мг/дм^3), а мінімальний вміст у шахтних водах 9 ВМ ($0,0156 \text{ мг/дм}^3$). Відносно високий вміст барію у шахтних водах зустрічається в водах з низьким вмістом сульфатів.

Купрум. Купрум - один з найважливіших мікроелементів. У водах вміст купруму обумовлений взаємодією води з гірськими породами, що її містять (халькопірит, халькозин, ковелін, борніт, малахіт). Вміст купруму у шахтних водах збільшується в південному та південно-західному напрямках.

Максимальний вміст купруму встановлений у шахтних водах 6 ВМ ($0,14 \text{ мг/дм}^3$), а мінімальний вміст у шахтних водах 9 ВМ ($0,0008 \text{ мг/дм}^3$).

Манган або марганець є сидерофільним елементом [1, 139]. Вміст марганцю у шахтних водах збільшується в південно-західному напрямку. Максимальний вміст мангану встановлений у шахтних водах 6 ВМ ($6,91 \text{ мг/дм}^3$), а мінімальний вміст у шахтних водах 8 ВМ ($0,001558 \text{ мг/дм}^3$).

Нікель. У водах сполуки нікелю перебувають у розчиненому, нерозчиненому і колоїдному стані, кількісне співвідношення між якими залежить від складу води, температури і значень pH [1, 89, 115]. Вміст нікелю у шахтних водах збільшується в південно-західному напрямку. Максимальний і мінімальний його вмісти встановлені у шахтних водах 8 ВМ ($0,001558 \text{ мг/дм}^3$ - $0,78 \text{ мг/дм}^3$).

Молібден. Молібден в водах знаходиться в основному у формі MoO_4^{2-} . Зниження концентрацій сполук молібдену відбувається в результаті випадання в осад важкорозчинних сполук, процесів адсорбції мінеральними суспензіями і споживання рослинними водними організмами [115]. Вміст молібдену у шахтних водах збільшується в південно-західному напрямку. Максимальний його вміст встановлений у шахтних водах 6 ВМ ($0,95 \text{ мг/дм}^3$), а мінімальний вміст у шахтних водах 9 ВМ ($0,0012 \text{ мг/дм}^3$).

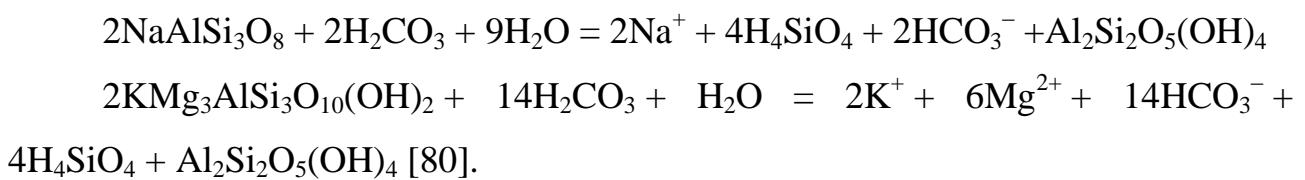
Алюміній. До джерел надходження алюмінію в води можна віднести часткове розчинення глин і алюмосилікатів. Вміст алюмінію у шахтних водах збільшується в південно-західному напрямку. Його концентрація в шахтних водах зазвичай коливається в межах $1,79 \text{ мг/дм}^3$ (6 ВМ) - $0,019 \text{ мг/дм}^3$ (4 ВМ).

Хром. У водах сполуки хрому знаходяться в розчиненому і нерозчиненому станах, співвідношення між якими залежить від складу вод, температури, pH розчину. Вміст хрому у шахтних водах збільшується в південно-західному напрямку. Максимальний і мінімальний його вмісти встановлені у шахтних водах 8 ВМ ($0,0011 \text{ мг/дм}^3$ - $0,833 \text{ мг/дм}^3$).

Літій. Належить до розсіяних елементів. В осадових породах літій присутній в сорбованому стані, сорбованим літієм найбільш багаті глинисті

відклади. Вміст літію у шахтних водах коливається в межах 0,3931 мг/дм³ (6 ВМ) - 0,04 мг/дм³ (4 ВМ).

Силіцій. Силіцій є постійним компонентом вод, що зумовлено великою поширеністю його сполук в гірських породах, і лише їх мала розчинність у воді пояснює низький вміст Si у воді. Головним джерелом сполук силіцію в природних водах є процеси хімічного вивітрювання і розчинення кремнійвмісних мінералів, наприклад, алюмосилікатів:



Максимальний вміст силіцію встановлений у шахтних водах 8 ВМ (42 мг/дм³), а мінімальний вміст у шахтних водах 4 ВМ (0,209 мг/дм³).

Стронцій називають «супутником» кальцію по водній міграції. Джерелом стронцію являються гірські породи, а також стронцій вилучається з морської та океанічної води живими організмами, які концентрують його в своєму тілі [1, 115, 123]. Максимальний його вміст встановлений у шахтних водах 9 ВМ (31,6 мг/дм³), а мінімальний вміст у шахтних водах 4 ВМ та 9 ВМ (0,6 мг/дм³).

Бром, йод і флуор. Бром асимілюється деякими організмами моря і сорбується органічною речовиною мулів. Головним джерелом поступлення брому в воді є гірські породи, в яких він присутній в розсіяному стані, а також захоронені води древніх морських басейнів. Вміст брому у шахтних водах коливається в межах 0,22 мг/дм³ (8 ВМ) - 16,7 мг/дм³ (10 ВМ).

Джерелом поступлення йоду у воді можуть бути, як гірські породи, так і органічні речовини. Вміст йоду у шахтних водах коливається в межах 0,4 мг/дм³ (7 ВМ) - 0,9 мг/дм³ (4 ВМ).

Поступлення флуору у воді зв'язано з: фторвміщуючими мінералами; продуктами руйнування гірських порід, в склад, яких входить апатит, турмалін, слюди і ін.; живою речовиною [1, 89, 115]. За даними Г. Рудька [88] джерелом поступлення флуору в підземні води району дослідження є дренування високо мінералізованих напірних вод девону в крейдяні відклади. Максимальний і

мінімальний вміст флуору встановлені у шахтних водах 10 ВМ ($0,12 \text{ мг}/\text{дм}^3$ - $1,2 \text{ мг}/\text{дм}^3$).

Решта мікроелементів (цирконій, титан, ітрій, сплюмбум, цинк, рубідій, кобальт, лантан) зустрічаються в шахтних водах в незначних кількостях і потребують додаткових досліджень.

Накопичення різних мікроелементів у шахтних водах пов'язано з різними факторами: тектонікою і геологічною будовою шахтних полів, геохімічними типами шахтних вод, речовинним складом вуглевміщуючих порід, розвантаженням у гірничі виробки вод вище залягаючих горизонтів та ін., а інколи – з антропогенным забрудненням підземних вод в межах вугільного родовища. Тому вплив усіх цих факторів на формування мікроелементного складу шахтних вод району потребує ще додаткового вивчення.

Таким чином, в результаті аналізу мікроелементного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району, можна зробити наступні висновки:

1) у шахтних водах присутні різноманітні мікроелементи, найхарактернішими з яких є барій, купрум, манган, нікель, молібден, алюміній міграція яких визначається хімічним складом шахтних вод та їх мінералізацією;

2) джерелами надходження мікроелементів у шахтні води є, головним чином, природні геологічні утворення (мінерали та гірські породи);

3) розповсюдження більшості мікроелементів у шахтних водах закономірно пов'язано з умовами формування шахтних вод району дослідження та з джерелами антропогенного забруднення.

4.3. Часові зміни хімічного складу шахтних вод району досліджень

Хімічний тип води визначають наявні в ній макрокомпоненти. Концентрації і можливість нагромадження в підземних водах макрокомпонентів визначаються геолого-гідрогеологічними умовами району і багато в чому залежать від мінерального складу водовмісних порід. На формування хімічного складу шахтних вод впливають багато природних факторів, основними з яких є фізико-хімічна взаємодія води з вміщуючими

породами різноманітного складу і структури при русі води від областей живлення до ділянок розвантаження або занурення водоносного горизонту. Великий вплив також надає склад води, що надходить у водоносний горизонт з різних джерел живлення: за рахунок просочування атмосферних опадів, розвантаження глибокозалігаючих підземних вод, перетікання з інших водоносних горизонтів через слабкопроникні шари і літологічні вікна, залучення річкового стоку, зрошувальних вод і ін. [66, 139].

В наших дослідженнях проаналізовано вміст основних компонентів хімічного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району в часі за період з 2001 до 2012рр. Для усіх шахт Червоноградського гірничопромислового району побудовані графіки часових змін основних компонентів та характеристик складу шахтних вод [25, 27] (додаток Б).

Якість шахтних вод в процесі експлуатації не залишається постійною. Аналіз отриманих графіків концентрації компонентів складу шахтних вод вказує на значну строкатість їх часового розподілу. Загальна тенденція збільшення чи зменшення вмісту компонентів та характеристик складу шахтних вод не прослідковується. На фоні загального високого вмісту хімічних інгредієнтів спостерігаються різкі їх коливання у часі. Зміна якості води, на нашу думку, знаходиться в тісній залежності від притоку вод, що поступають в гірничі виробки - з сенонського водоносного комплексу або нижче залягаючих лишнянської та іваницької світ, а зміна кількості вод, яка поступає, знаходиться в прямій залежності від природних умов: клімату (кількості атмосферних опадів), рельєфу місцевості, тектоніки шахтних полів і від зв'язку поверхневих вод з підземними. Відповідно до цього і зміна мінералізації відбувається в залежності від джерела поступлення води в гірничу виробку і від кількості води, яка поступає.

Оскільки на формування шахтних вод найбільше впливають верхньокрейдові води, слід відзначити наявність сезонних змін вмісту окремих компонентів шахтних вод. Так, максимальна концентрація іонів натрію та калію виявлена в літньо-осінній період, а мінімальна в зимовий. Подібні

закономірності характерні також для іонів магнію, хлор-іонів, сухого залишку, мінералізації, прозорості, окисності, pH. Така закономірність ймовірно зумовлена зменшенням поступлення верхньокрейдових вод у ці сезони. Дещо подібні, але менш виразні закономірності сезонних змін характерні для іонів кальцію, сульфат іонів, гідрокарбонат іонів.

Загалом слід відзначити строкатість змін хімічного складу шахтних вод у часі, що вказує на суттєвий вплив на їх динаміку притоку вод та природних умов.

4.4. Гідрогеохімічне районування Червоноградського гірничопромислового району

Мета даного розділу - виявити просторові геохімічні особливості шахтних вод ЧГПР і за результатами досліджень розробити картосхеми районування цих вод за мінералізацією і вмістом основних макрокомпонентів.

Для цього ми здійснили комплексний аналіз складу шахтних вод ЧГПР; встановили просторові закономірності гідрогеохімічних характеристик шахтних вод; провели гідрогеохімічне районування шахтних вод, на основі якого побудували картосхеми районування складу шахтних вод (за мінералізацією і головними іонами).

Для реалізації поставлених завдань використано статистичні методи; математичного моделювання та аналізу і метод геохімічного картування.

Щоб визначити райони поширення певних діапазонів концентрацій головних іонів складу шахтних вод і просторові геохімічні особливості, автор виконав комплексні дослідження з використанням математичних і статистичних методів. Усі результати аналізів складу шахтних вод від 2001 до 2012 року зібрали в один масив. Далі весь діапазон отриманих значень розбили на малі інтервали і підрахували ймовірність попадання значень в даний інтервал. Результати досліджень представлені у вигляді діаграм, які показують, як часто були отримані ті чи інші значення. Відповідно автор отримав графіки частот для таких характеристик, як мінералізація та вміст аніонів і катіонів [105, 110].

На шахтах ЧГПР вміст компонентів шахтних вод змінюється в широких межах (рис. 4.8-4.14). Проведені дослідження показали такі результати.

Мінералізація шахтних вод варіює в широких межах: від 1000 до 13 000 г/дм³, але найчастіше – від 2000 до 8000 мг/дм³.

У групі аніонів переважають хлориди з вмістом в основному 500-2500 мг/дм³. Кількість сульфатів досягає і 3000 мг/дм³, але найчастіше – 500-1500 мг/дм³. Гідрокарбонати трапляються в незначній кількості, переважно від 400 до 800 мг/дм³.

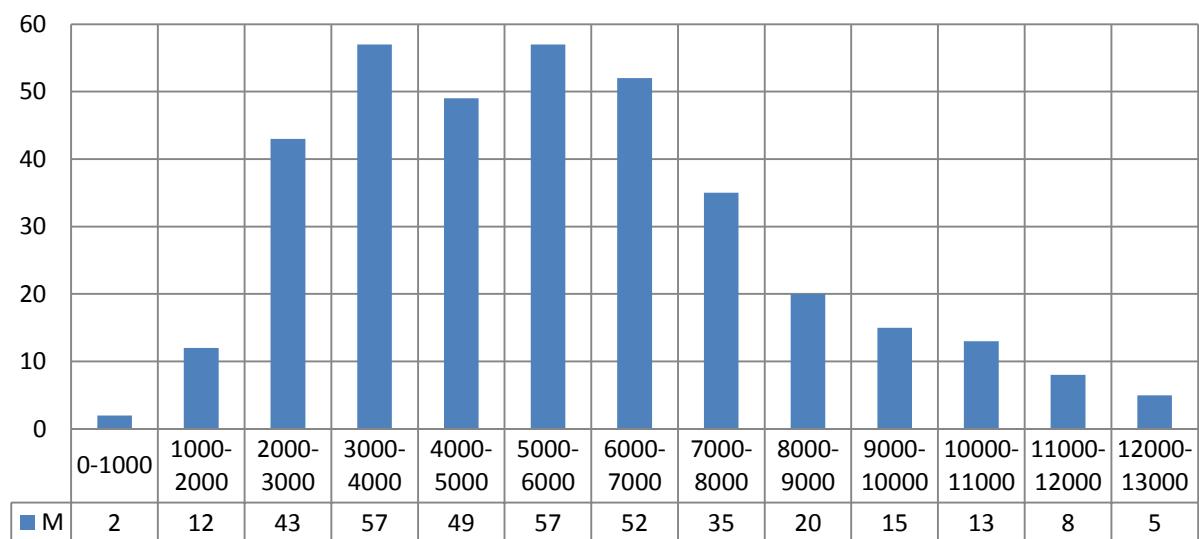


Рис. 4.8. Частота значень мінералізації для шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

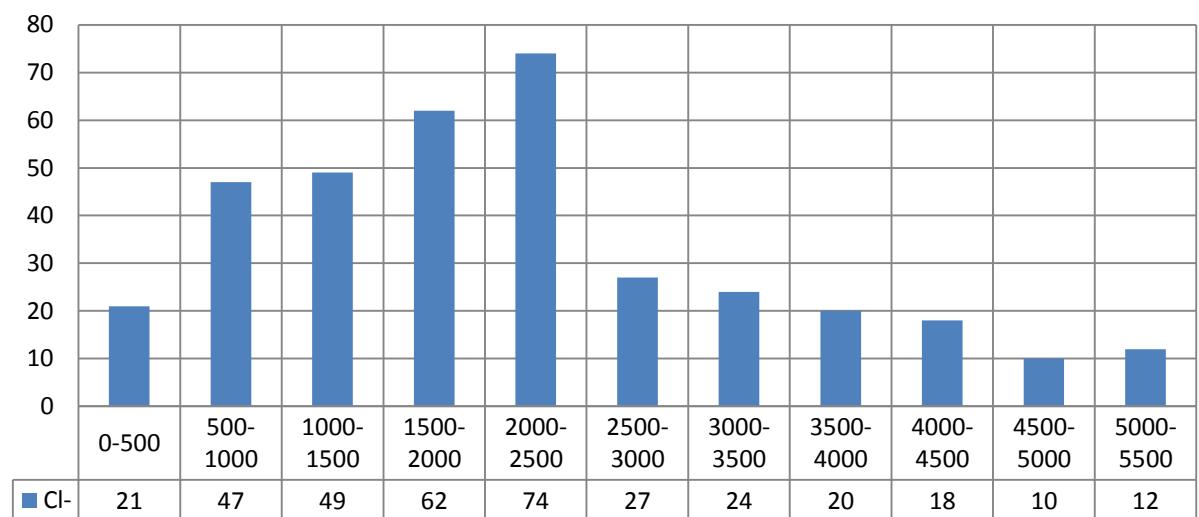


Рис. 4.9. Частота значень вмісту Cl⁻ у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району

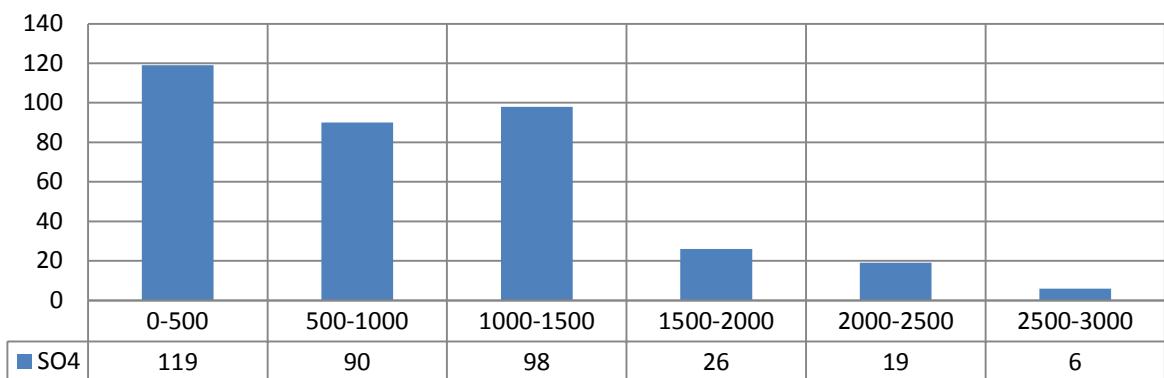


Рис. 4.10. Частота значень вмісту SO_4^{2-} у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району

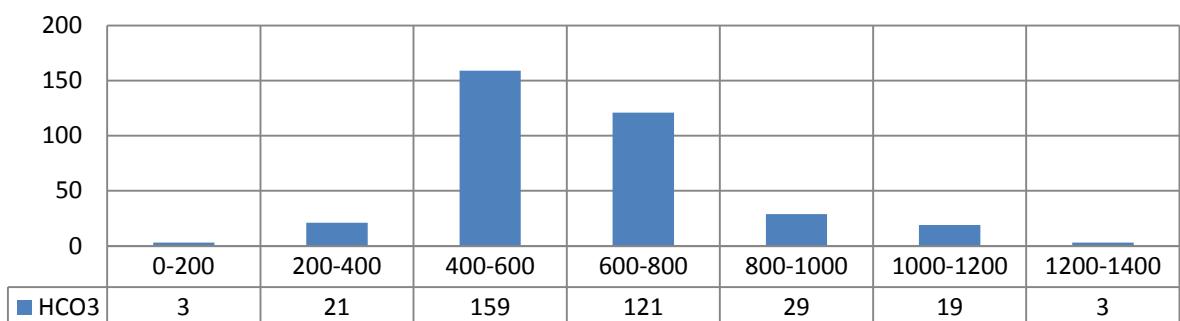


Рис. 4.11. Частота значень вмісту HCO_3^- у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району

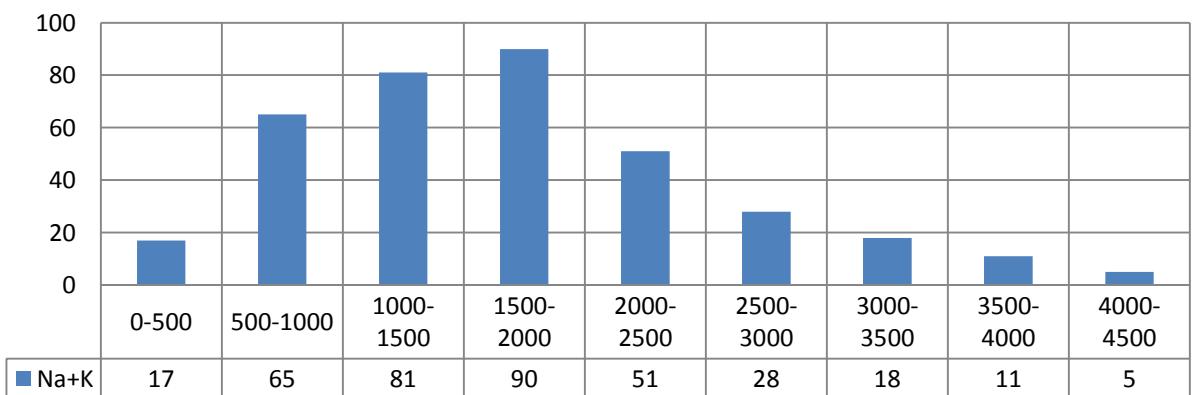


Рис. 4.12. Частота значень вмісту $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району

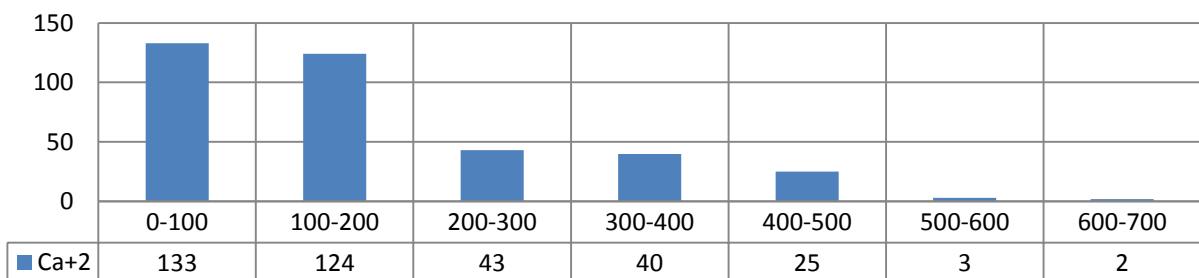


Рис. 4.13. Частота значень вмісту Ca^{2+} у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району

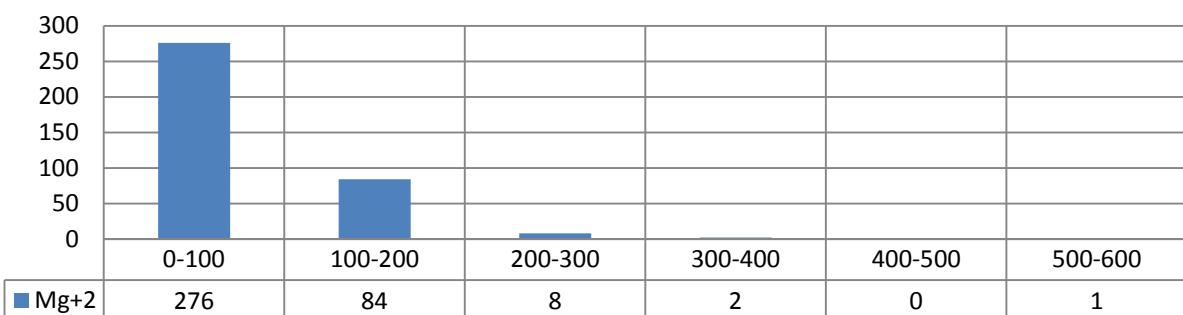


Рис. 4.14. Частота значень вмісту Mg^{2+} у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району

Серед катіонів домінує натрій і калій, присутній в основному в шахтних водах у кількості – від 500 до 2500 mg/dm^3 . Вміст кальцію найчастіше становить 100 mg/dm^3 , здебільшого не перевищуючи 200 mg/dm^3 , а магній не перевищує 100 mg/dm^3 .

Середні значення усіх компонентів і характеристик шахтних вод представлені в таблицях (табл. 5.6-5.20), а максимальні і мінімальні значення по кожній шахті у таблицях [25] (табл. 4.21-4.22).

Прозорість – це величина, яка позначає кількість зважених частинок та інших забруднювачів у шахтній воді. Прозорість обумовлена вмістом у них різноманітних пофарбованих і зважених органічних і мінеральних речовин [66, 125]. Для усіх шахт значення прозорості змінюються від 0 до 18, а середні значення розпреділяються таким чином (табл. 4.6): шахта Великомостівська (1ВМ) – 7,57; шахта Червоноградська (2ЧГ) – 14,98; шахта Межирічанська (3ВМ) – 12,86; шахта Відродження (4ВМ) – 14,52; шахта Лісова (6ВМ) – 13,36; шахта Зарічна (7ВМ) – 15,24; шахта Візейська (8ВМ) – 15,51; шахта Надія (9ВМ) – 10,4; шахта Степова (10ВМ) – 11,73. Максимальні значення прозорості становить 18 і спостерігаються на усіх шахтах району.

Окисність шахтних вод. Окисність - санітарний показник якості води, що відбиває вміст у ній органічних речовин, що й виражається кількістю кисню в міліграмах, необхідним для їхнього окиснення [167]. У шахтних водах окисність варіює в широких межах – від 2 до 27,9 mgO/dm^3 . Середні значення окисності розпреділяються для шахт ЧГПР таким чином (табл. 4.7): для 1ВМ –

4,68 мгО/дм³; для 2ЧГ – 4,6 мгО/дм³; для 3ВМ – 4,65 мгО/дм³; для 4ВМ – 5,44 мгО/дм³; для 6ВМ – 5,53 мгО/дм³; для 7ВМ – 4,97 мгО/дм³; для 8ВМ – 5,03 мгО/дм³; для 9ВМ – 7,05 мгО/дм³; для 10ВМ – 5,36 мгО/дм³.

pH – один із найважливіших показників якості вод, що визначає характер протікання хімічних і біохімічних процесів [168, 169]. Від рівня pH залежить сталість різноманітних форм міграції елементів, агресивна дія води на метали і бетон [139]. Середні значення pH для шахт ЧГПР змінюються в межах 7,35-7,99 (табл. 4.8).

Зважені речовини. Зважені речовини, що присутні у шахтних водах, складаються з частинок глини, піску, мулу, суспендованих органічних і неорганічних речовин, планктону і інших організмів [113, 182]. Встановлено, що вміст зважених речовин у шахтних водах ЧГПР змінюється в інтервалі 6,8 - 786,2 мг/дм³. Середній вміст зважених речовин по шахтах становить (табл. 4.9): для 1ВМ – 239,22 мг/дм³; для 2ЧГ – 183,76 мг/дм³; для 3ВМ – 108,87 мг/дм³; для 4ВМ – 90,35 мг/дм³; для 6ВМ – 117,29 мг/дм³; для 7ВМ – 80,06 мг/дм³; для 8ВМ – 84,16 мг/дм³; для 9ВМ – 275,72 мг/дм³; для 10ВМ – 126,07 мг/дм³.

Na⁺+K⁺. Зі збільшенням загальної мінералізації вміст іонів натрію і калію зростає. Середні значення вмісту Na⁺+K⁺ у шахтних водах для шахт ЧГПР розподіляються таким чином (табл. 4.10): для 1ВМ – 1916,11 мг/дм³; для 2ЧГ – 939,78 мг/дм³; для 3ВМ – 1387,43 мг/дм³; для 4ВМ – 1803,92 мг/дм³; для 6ВМ – 2880,59 мг/дм³; для 7ВМ – 2499,71 мг/дм³; для 8ВМ – 1522,74 мг/дм³; для 9ВМ – 889,26 мг/дм³; для 10ВМ – 1437,42 мг/дм³.

Ca⁺². Середній вміст Ca⁺² у шахтних водах ЧГПР становить (табл. 4.11): для 1ВМ – 249,77 мг/дм³; для 2ЧГ – 55,21 мг/дм³; для 3ВМ – 197,39 мг/дм³; для 4ВМ – 199,22 мг/дм³; для 6ВМ – 288,93 мг/дм³; для 7ВМ – 221,89 мг/дм³; для 8ВМ – 183,25 мг/дм³; для 9ВМ – 88,26 мг/дм³; для 10ВМ – 58,08 мг/дм³.

Mg⁺². Вміст магнію помітно коливається (8,5 - 373,3 г/дм³). Середні вміст Mg⁺² для шахт ЧГПР розподіляються таким чином (табл. 4.12): для 1ВМ – 79,07 мг/дм³; для 2ЧГ – 55,02 мг/дм³; для 3ВМ – 87,78 мг/дм³; для 4ВМ –

77,56 мг/дм³; для 6ВМ – 116,54 мг/дм³; для 7ВМ – 100,78 мг/дм³; для 8ВМ – 88,58 мг/дм³; для 9ВМ – 64,55 мг/дм³; для 10ВМ – 48,68 мг/дм³.

Cl⁻. Концентрація хлоридів впродовж року також непостійна (1019,6584 - 3837,18 г/дм³) і змінюється при варіаціях загальної мінералізації шахтних вод. Середній вміст Cl⁻ у шахтних водах становить (табл. 4.13): для 1ВМ – 2183,6 мг/дм³; для 2ЧГ – 1048,5 мг/дм³; для 3ВМ – 1415,67 мг/дм³; для 4ВМ – 2604 мг/дм³; для 6ВМ – 3837,18 мг/дм³; для 7ВМ – 3533,78 мг/дм³; для 8ВМ – 1828,33 мг/дм³; для 9ВМ – 1019,65 мг/дм³; для 10ВМ – 2015,38 мг/дм³.

HCO₃⁻. Середній вміст HCO₃⁻ у шахтних водах становить (табл. 4.14): для 1ВМ – 704,17 мг/дм³; для 2ЧГ – 852,43 мг/дм³; для 3ВМ – 591,08 мг/дм³; для 4ВМ – 490,47 мг/дм³; для 6ВМ – 619,95 мг/дм³; для 7ВМ – 555,53 мг/дм³; для 8ВМ – 683,54 мг/дм³; для 9ВМ – 506,13 мг/дм³; для 10ВМ – 597,2 мг/дм³.

SO₄²⁻. Концентрація сульфатів в шахтних водах варіює від 152,59 до 1536,84 г/дм³. Середній вміст SO₄²⁻ у шахтних водах становить (табл. 4.15): для 1ВМ – 1451,57 мг/дм³; для 2ЧГ – 236,95 мг/дм³; для 3ВМ – 1392,59 мг/дм³; для 4ВМ – 676,95 мг/дм³; для 6ВМ – 1536,84 мг/дм³; для 7ВМ – 967,9 мг/дм³; для 8ВМ – 1011,87 мг/дм³; для 9ВМ – 590,93 мг/дм³; для 10ВМ – 152,59 мг/дм³.

Сухий залишок. Сухий залишок – умовний показник, який характеризує загальний вміст (мг/л) у воді розчинених неорганічних і органічних речовин [66, 109]. Значення сухого залишку змінюється від 2921,3 до 9142,8 мг/дм³ (табл. 4.16).

Мінералізація. Мінералізація – загальний вміст у воді мінеральних речовин (розчинених іонів, солей і колоїдів) [66, 161]. Проведені дослідження показали зміну значень загальної мінералізації досліджуваних шахтних вод від 3107,05 до 9231,02 г/дм³ (табл. 4.17). Середні значення мінералізації шахтних вод між шахтами ЧГПР розпреділяються таким чином: для 1ВМ – 6534,16 мг/дм³; для 2ЧГ – 3160,15 мг/дм³; для 3ВМ – 5010,63 мг/дм³; для 4ВМ – 5813,58 мг/дм³; для 6ВМ – 9231,02 мг/дм³; для 7ВМ – 7842,44 мг/дм³; для 8ВМ – 5257,31 мг/дм³; для 9ВМ – 3107,05 мг/дм³; для 10ВМ – 4291,5 мг/дм³.

Nітратна група. Азот присутній у воді у вигляді як неорганічних, так і різноманітних органічних сполук. Неорганічні сполуки азоту - амоній NH_4^+ , нітрати NO_2^- та нітрати NO_3^- [13,66]. Нітрат-іон (NO_3^-) і нітрат-іон (NO_2^-) є характерними для обстановки окислення, а іон амонію (NH_4^+) - відновлення.

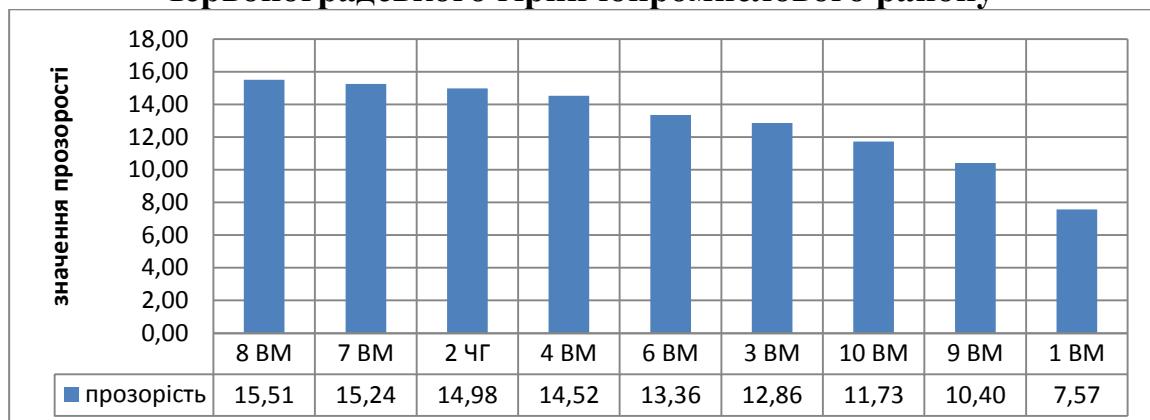
Вміст нітратів у шахтних водах становить $0,004 - 2,32 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 4.18).

Вміст нітратів у водах складав від $0,01$ до $2,63 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 4.19).

Концентрація амонію протягом періоду спостережень змінювалась від $0,02$ до $6,98 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 4.20).

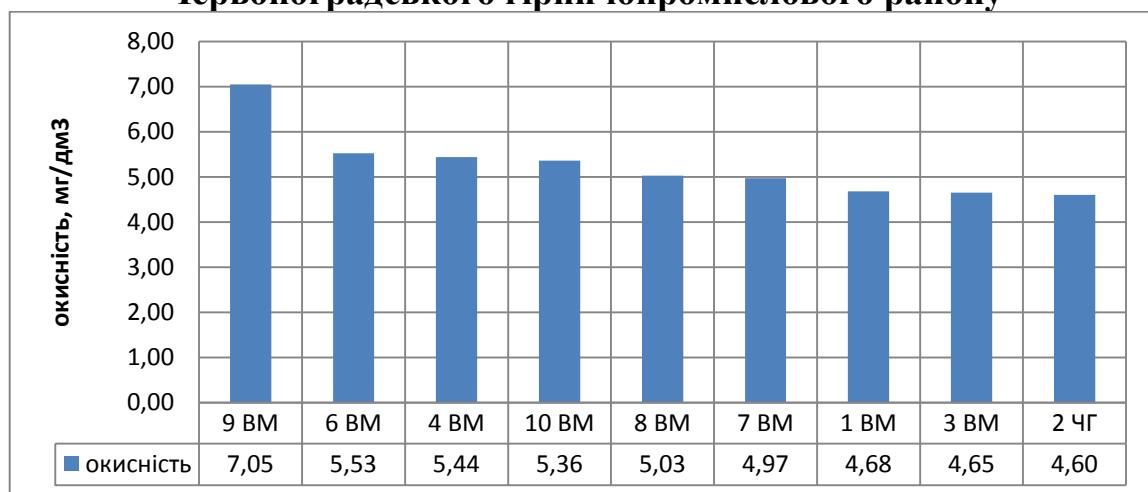
Таблиця 4.6

**Середні значення прозорості шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району**



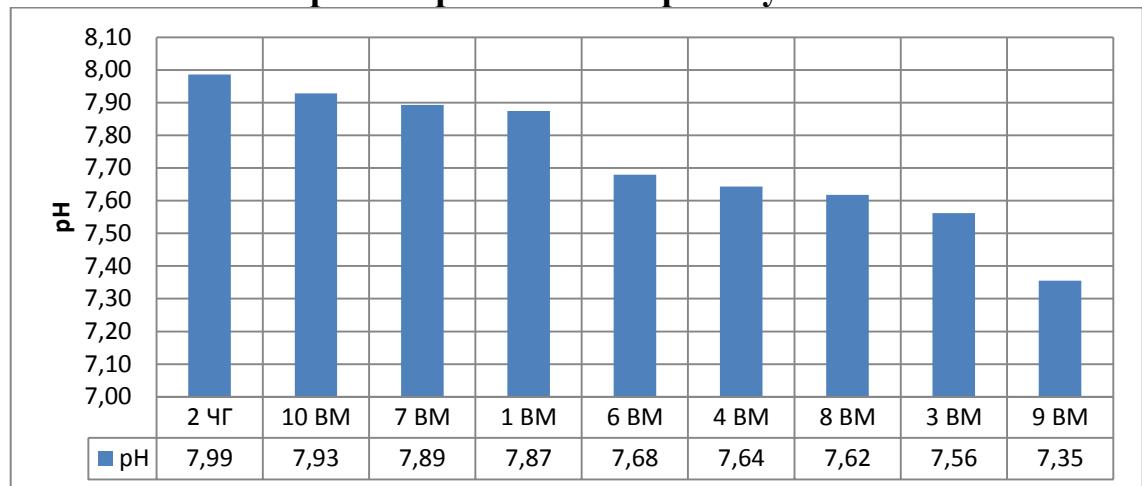
Таблиця 4.7

**Середні значення окисності шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району**



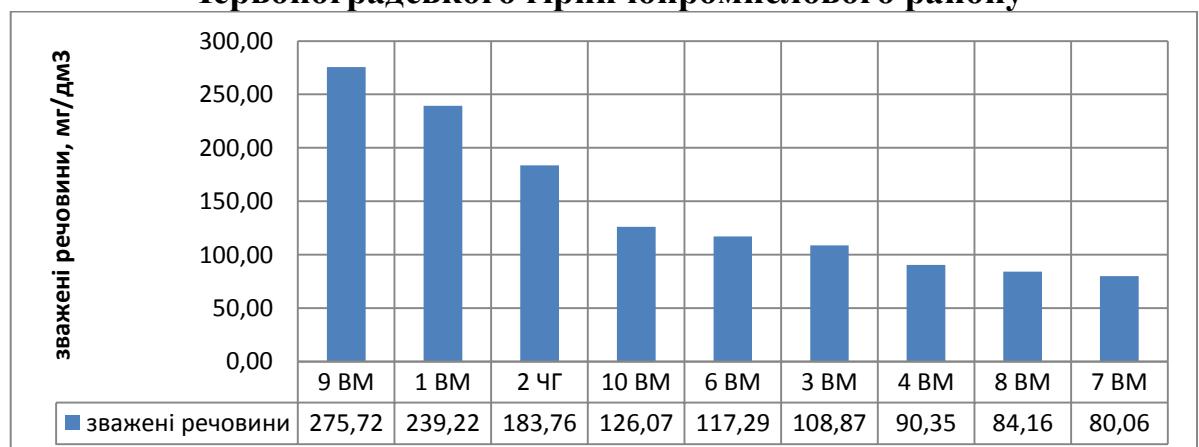
Таблиця 4.8

Середні значення рН шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району



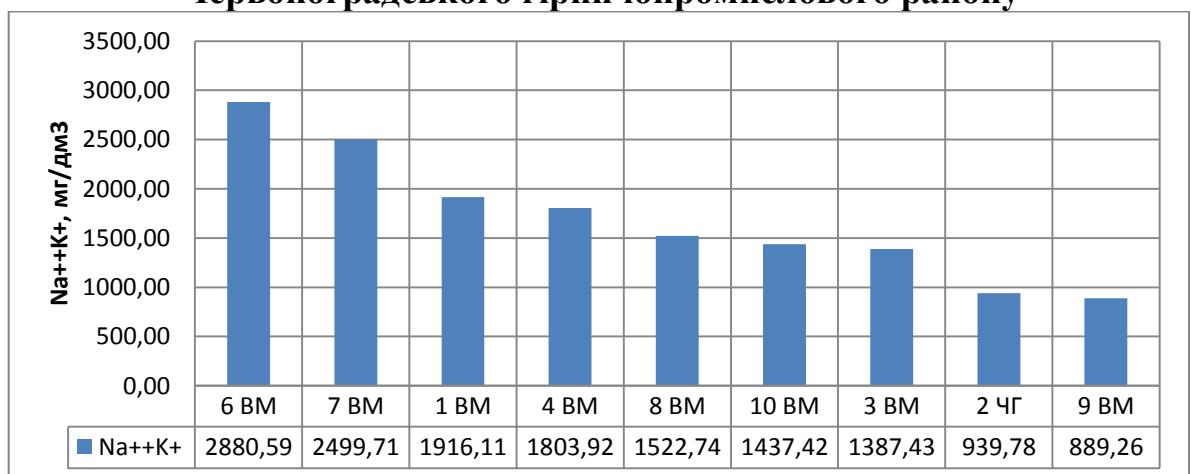
Таблиця 4.9

Середні значення вмісту зважених речовин у шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району



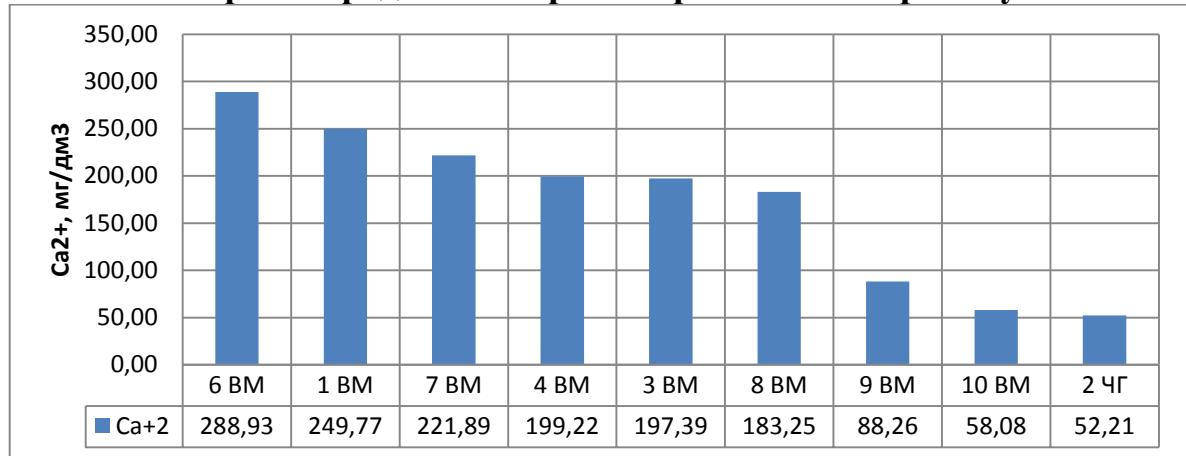
Таблиця 4.10

Середні значення вмісту $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ у шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району



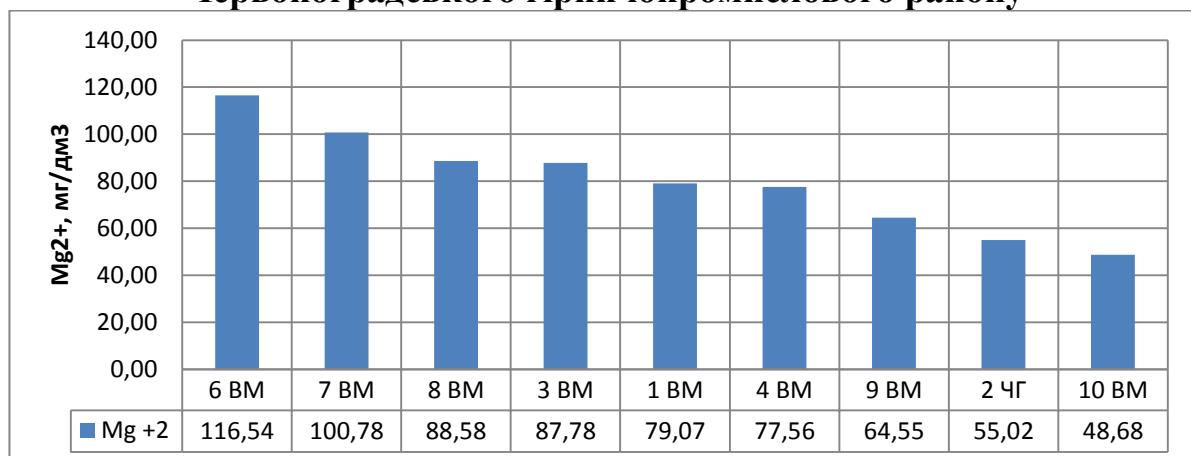
Таблиця 4.11

**Середні значення вмісту Ca^{2+} у шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району**



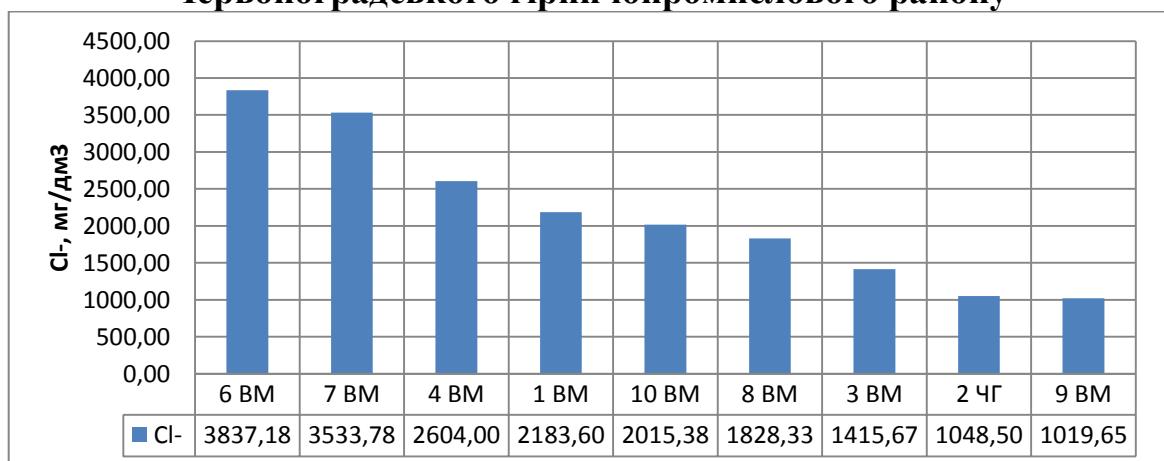
Таблиця 4.12

**Середні значення вмісту Mg^{2+} у шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району**



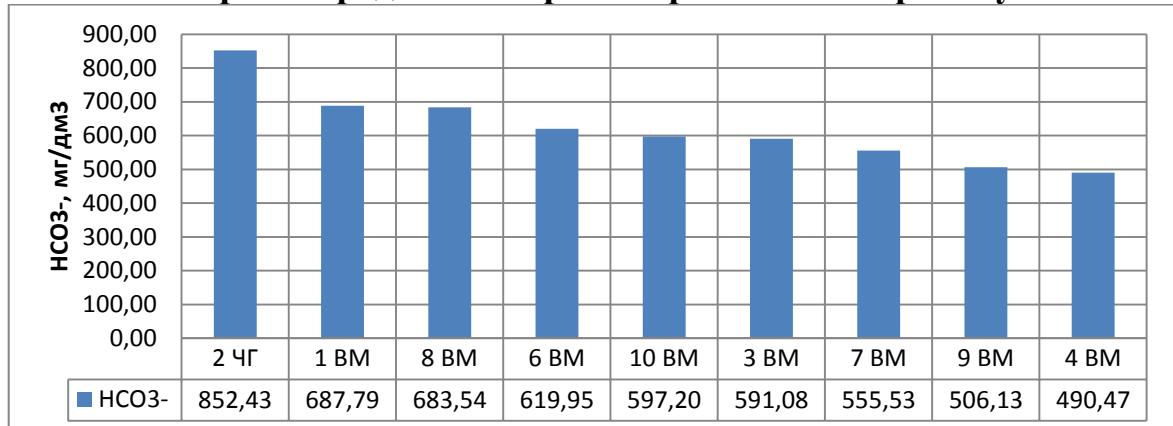
Таблиця 4.13

**Середні значення вмісту Cl^- у шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району**



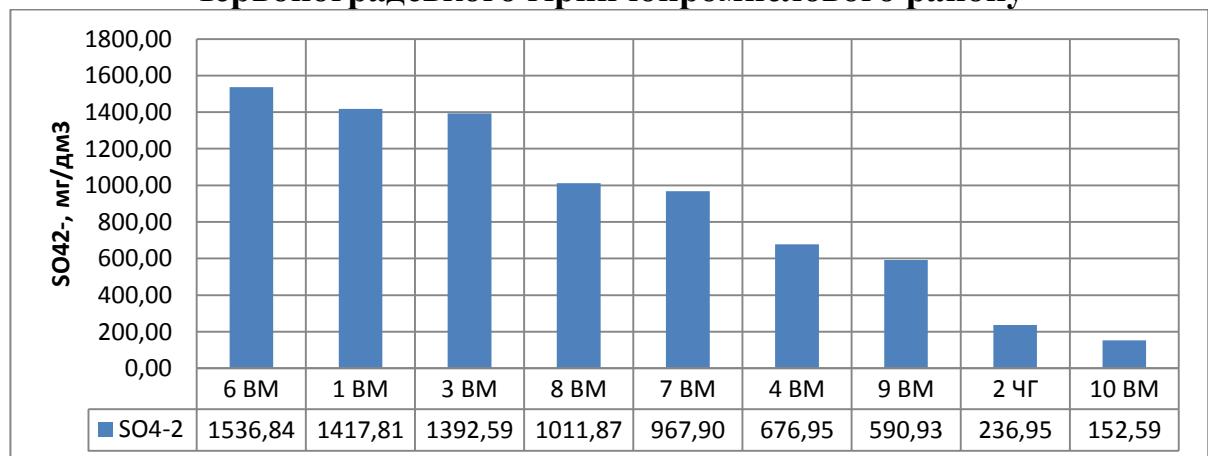
Таблиця 4.14

**Середні значення вмісту HCO_3^- у шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району**



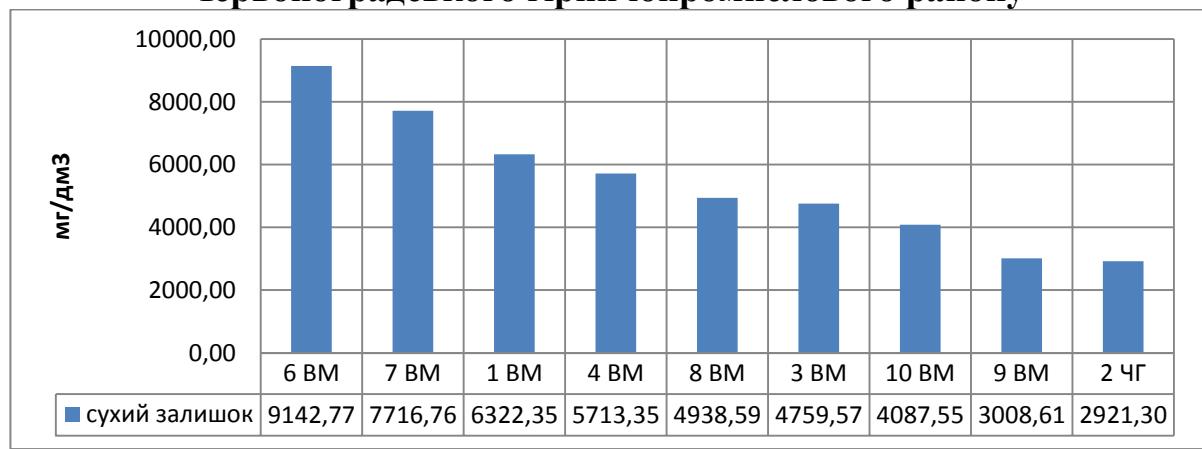
Таблиця 4.15

**Середні значення вмісту SO_4^{2-} у шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району**



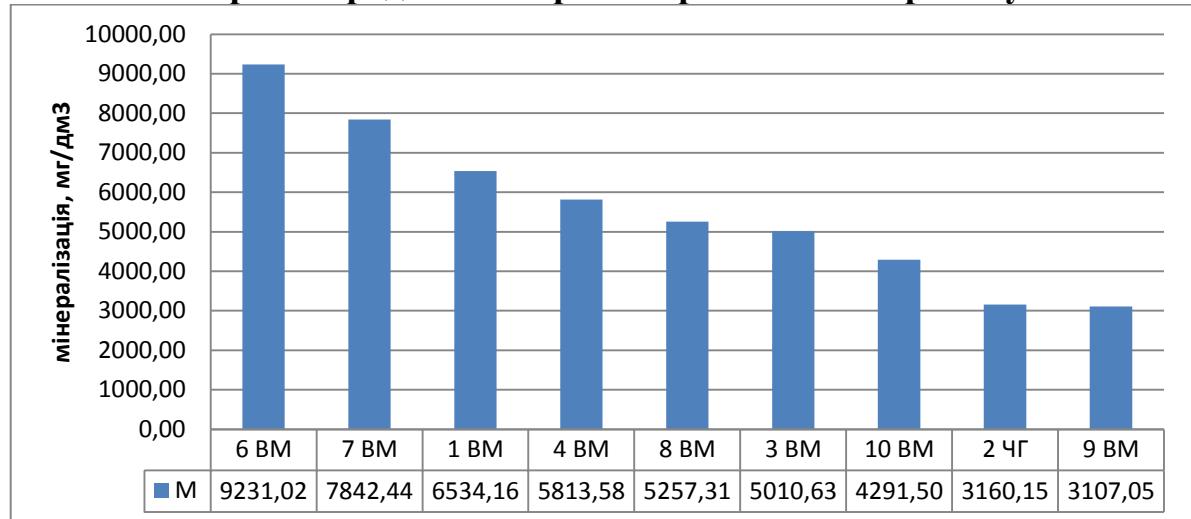
Таблиця 4.16

**Середні значення сухого залишку шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району**



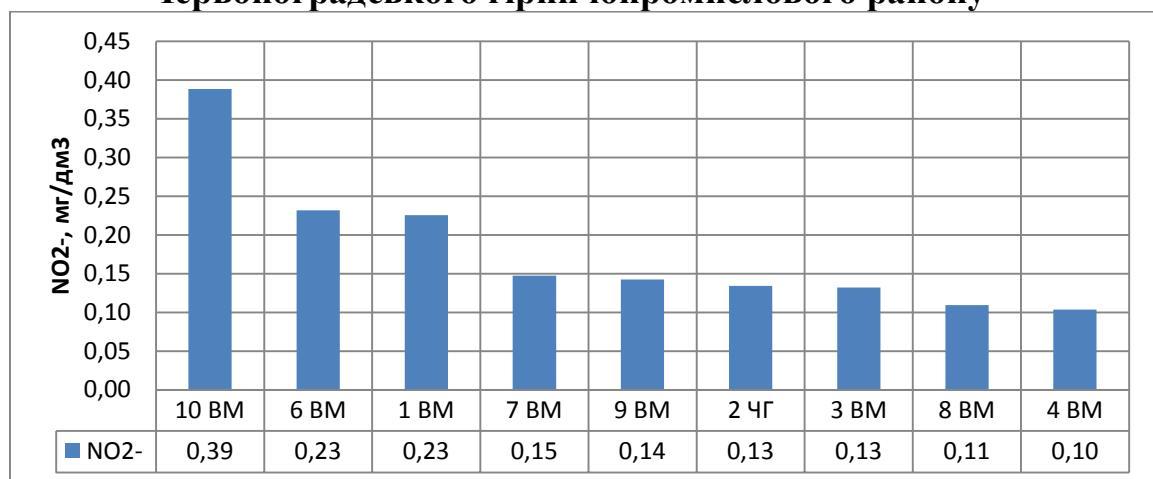
Таблиця 4.17

**Середні значення мінералізації шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району**



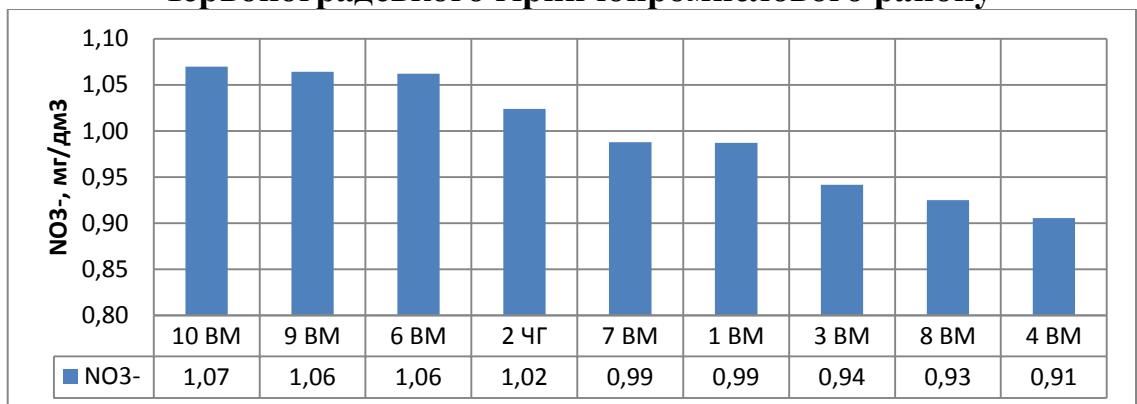
Таблиця 4.18

**Середні значення вмісту нітратів у шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району**



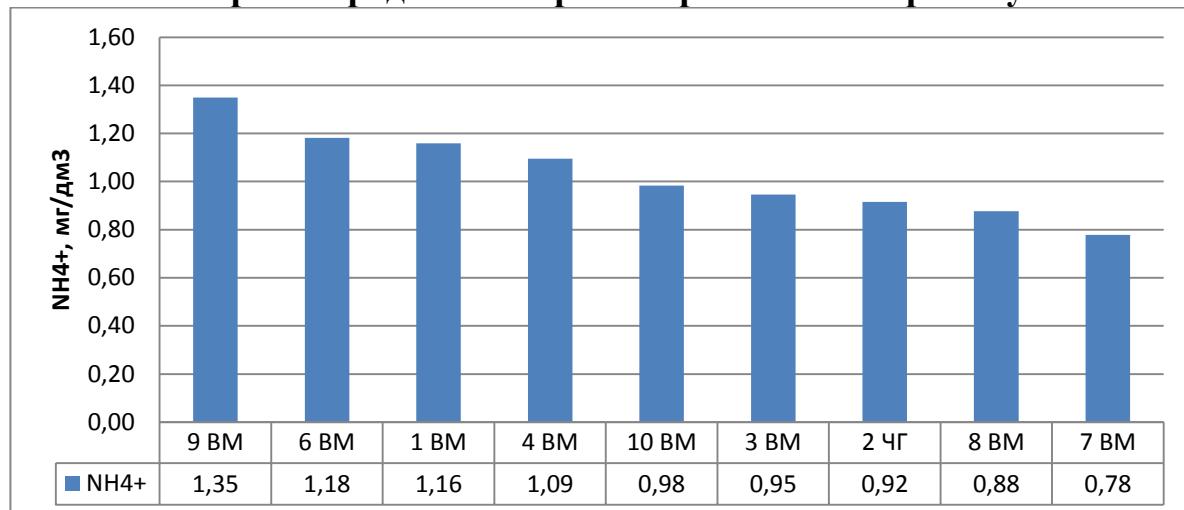
Таблиця 4.19

**Середні значення вмісту нітратів у шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району**



Таблиця 4.20

**Середні значення вмісту амонію у шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району**



Таблиця 4.21

**Максимальні і мінімальні значення компонентів і характеристик
шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району**

№	Назва шахти		Mg +2	Ca+2	Na+K	HCO ₃ -	SO ₄ -2	Cl-	M	сухий залишок
1 ВМ	Великомостівська	max	554	575	2770	1111	3070	3555	9048	8946
		min	11	52	754	494	701	475	2981	2799
2 ЧГ	Червоноградська	max	306	90	1794	1251	789	2120	5333	4892
		min	18	24	94	317	109	99	961	826
3 ВМ	Межирічанська	max	203	623	3076	842	4195	2716	11608	11453
		min	9	58	400	458	92	190	1538	600
4 ВМ	Відродження	max	176	421	3123	1050	1429	4626	9800	9817
		min	19	46	493	299	70	780	2173	1948
6 ВМ	Лісова	max	373	559	5760	1025	2973	7380	17149	16284
		min	21	62	99	195	83	98	952	898
7 ВМ	Зарічна	max	247	459	3789	1184	1886	5820	11216	11201
		min	23	22	593	128	376	451	2342	2136
8 ВМ	Візейська	max	202	667	2255	1202	1321	2950	7563	6982
		min	35	12	440	354	456	147	2013	1112
9 ВМ	Надія	max	163	232	3253	842	1286	5044	9388	9476
		min	32	22	269	177	224	291	1146	1625
10 ВМ	Степова	max	86	114	2254	745	596	3220	6433	6292
		min	26	20	311	299	52	350	1287	1092

Таблиця 4.22

Максимальні і мінімальні значення компонентів і характеристик шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

№	Назва шахти		прозорість	зважені речовини	pH	окисність	NH4+	NO2-	NO3-
1 ВМ	Великомостівська	max	18	718,8	9,1	18,9	4,2	1,14	2,12
		min	0	33,8	6,9	2	0,14	0,03	0,01
2 ЧГ	Червоноградська	max	18	4738	8,6	9,37	2,16	0,39	2,2
		min	0	21,6	7,3	2	0,15	0,03	0,32
3 ВМ	Межирічанська	max	18	473,8	8,2	19,2	5,27	0,86	2,63
		min	0	27,4	6,8	2	0,15	0	0,5
4 ВМ	Відродження	max	18	487,4	8,3	13,8	2,6	0,25	2,19
		min	0	6,8	7,1	2,3	0,15	0,03	0,08
6 ВМ	Лісова	max	18	724,8	8,4	17,8	6,98	1,17	2,61
		min	0	17,4	2	2	0,15	0,02	0,48
7 ВМ	Зарічна	max	18	596,4	8,4	10,1	3,53	2,32	2,18
		min	0	21,8	6,9	2,3	0,15	0,03	0,3
8 ВМ	Візейська	max	18	381	8,2	14,8	3,68	0,48	1,92
		min	1	23,8	3,5	2,1	0,02	0,02	0,5
9 ВМ	Надія	max	18	4172	8,7	27,9	3,57	1,02	2,36
		min	0	27,2	6,3	2,4	0,15	0,03	0,55
10 ВМ	Степова	max	18	786,2	8,7	22,4	4,15	1,6	2,2
		min	0	20,6	5,3	2	0,15	0,03	0,19

Щоб встановити просторову зміну складу шахтних вод, автор використав метод гідрохімічного районування, який полягав у виявленні закономірностей розподілу по території концентрацій окремих компонент складу шахтних вод, що характеризують умови їхнього формування та виокремленні на основі аналізу цих закономірностей окремих районів з урахуванням усіх головних чинників, насамперед фізико-географічних. Районування дасть можливість отримати знання про умови певних невивчених територій за аналогією до вивчених досліджуваних районів, які за комплексом елементів природного середовища схожі (однорідні), а також дозволить досить обґрунтовано здійснити географічну інтерполяцію знайдених закономірностей. За даними про хімічний склад шахтних вод виокремлено площини з однаковими значеннями та умовами формування, а саме площини у межах яких зберігається наявність одного і того самого провідного фактора (однорідні гідрохімічні поля). Результати районування представлені у вигляді картосхем. У наших

дослідженнях районування проводили окремо за кожним показником, унаслідок чого отримали карти розподілу окремих компонентів складу шахтних вод. При цьому, порівнюючи наведені карти поширення різних головних іонів, доводиться констатувати, що райони їхніх максимальних і мінімальних концентрацій хоча й дуже схожі, але не ідентичні (рис. 4.15-4.21).

У результаті всіх взаємодій, напрямок яких постійно змінюється під впливом розмаїтих чинників, формується той тип і гідрогеохімічний склад шахтних вод, який відповідає сформованим мінливим умовам у конкретному місці і в конкретний час.

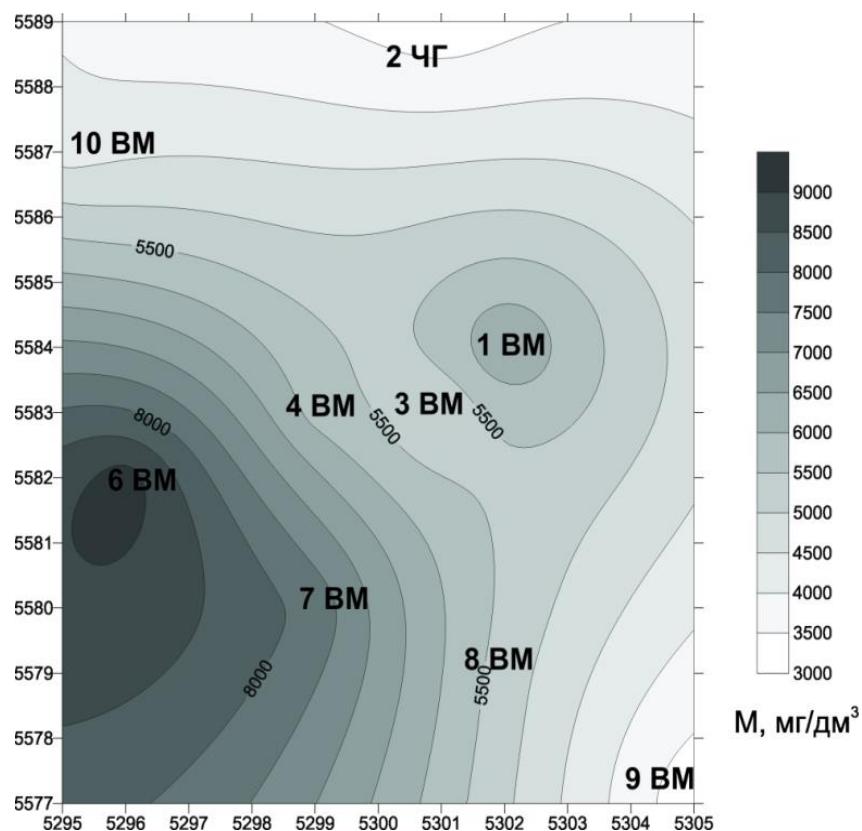


Рис. 4.15. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за показниками мінералізації в шахтних водах.

Шахти: 1ВМ – Великомостівська; 2ЧГ – Червоноградська; 3ВМ – Межирічанська; 4ВМ – Відродження; 6ВМ – Лісова; 7ВМ – Зарічна; 8ВМ – Візейська; 9ВМ – Надія; 10ВМ – Степова.

Для шахтних вод досліджуваного району побудовані картосхеми зміни їхньої мінералізації, катіонів та аніонів [24]. Як видно, збільшення мінералізації, вмісту Cl^- , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} та Ca^{2+} відбувається з північного сходу на

південний захід. Зростання значень мінералізації спричинене збільшенням вмісту іонів натрію і калію, кальцію, магнію та хлор-іонів. Такий розподіл характеристик зумовлений формуванням складу шахтних вод, а саме збільшенням в цьому ж напрямку частки поступлення підземних вод лишнянської та іваницької світ. Шахти Червоноградського гірничопромислового району згруповані у ряд по мірі збільшення частки поступлення підземних вод лишнянської та іваницької світ (в дужках вказано відсоток поступлення цих вод від 100%): 2ЧГ (10%) → 9ВМ (10%) → 10ВМ (15%) → 3ВМ (17%) → 8ВМ (18%) → 4ВМ (20%) → 1ВМ (22%) → 7ВМ (27%) → 6 ВМ (32%). Відповідно у цьому ж напрямку зменшується частка поступлення верхньокрейдових вод.

Вміст іонів HCO_3^- збільшується з південно-заходу на північний-схід. Високі вмісти гідрокарбонатів зареєстровані в гірничих виробках, що тяжіють до Межирічанського або Забугського скидів (2 ЧГ, 9 ВМ, закриті шахти - 2 ВМ, 5 ВМ). Межирічанський скид є найзначнішим дизюктивними порушенням району дослідження, проходить за східною окраїною, має північно-західне простягання з амплітудою зміщення шарів до 80-110 м, з зануренням південно-західного крила. Також існує зв'язок між вмістом аніонів: при збільшенні вмісту йонів хлору і сульфат-іонів (яке властиве південній частині досліджуваного району) зменшується кількість гідрокарбонатів (у південній частині району вона мінімальна).

Вміст сульфат іонів пов'язаний з технологічним чинником і на кожній шахті залежить від протяжності гірничих виробок і поверхні порід, що зазнають окиснення і від часу перебування шахтних вод у водозбірниках шахт перед відкачкою на поверхню (збагачення шахтних вод продуктами руйнування гірських порід і вугіллям, які містять сульфіди і сірку, і які в умовах активного впливу шахтного середовища стають джерелом надходження сульфатів у шахтні води).

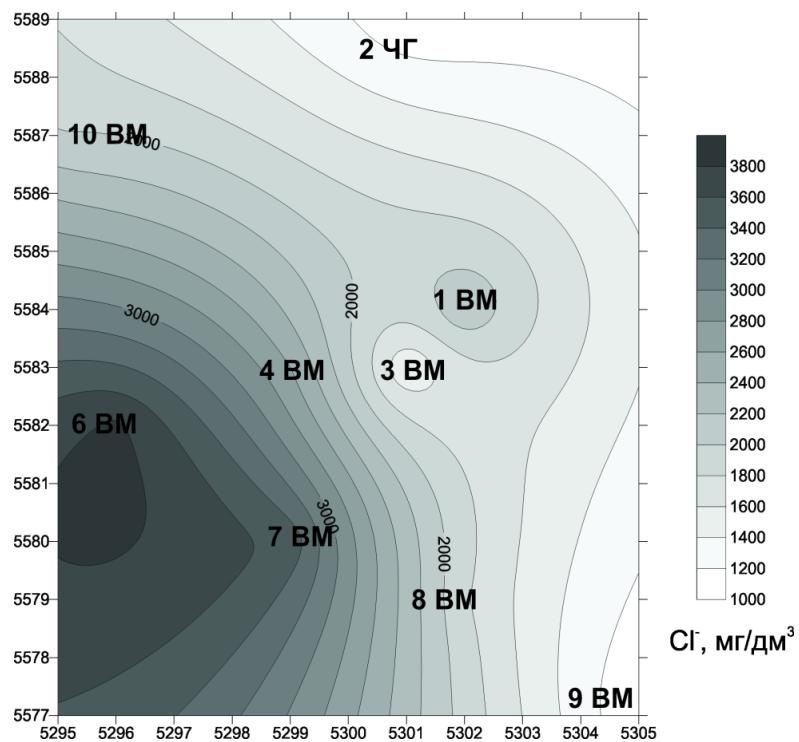


Рис. 4.16. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за вмістом Cl^- у шахтних водах. Умовні позначення див. рис. 4.15.

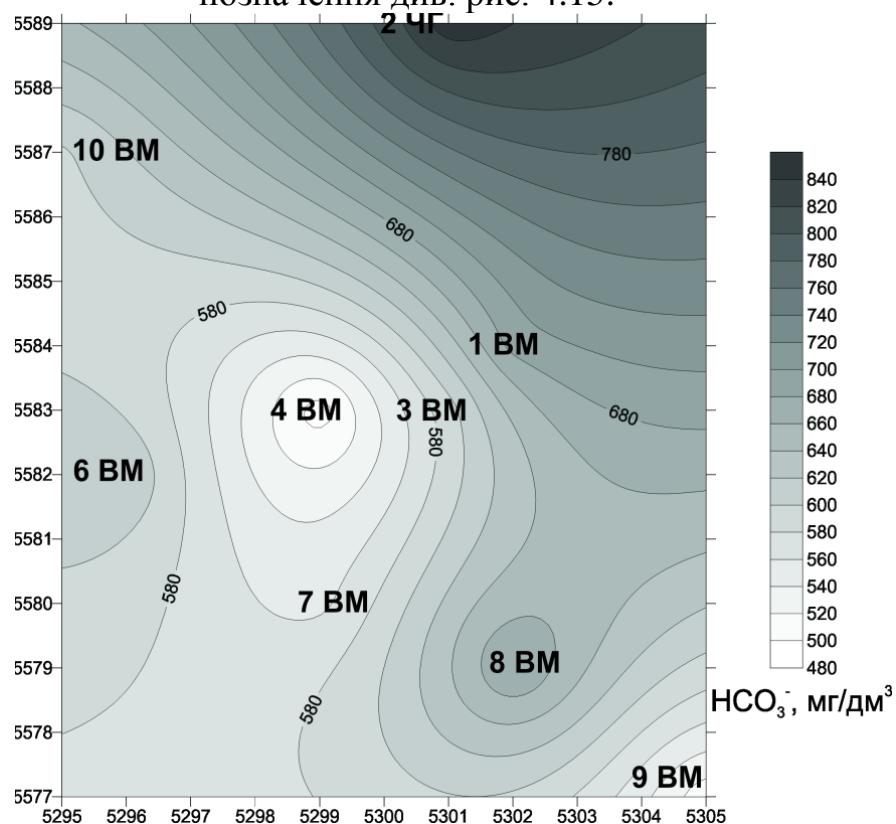


Рис. 4.17. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за вмістом HCO_3^- у шахтних водах. Умовні позначення див. рис. 4.15.

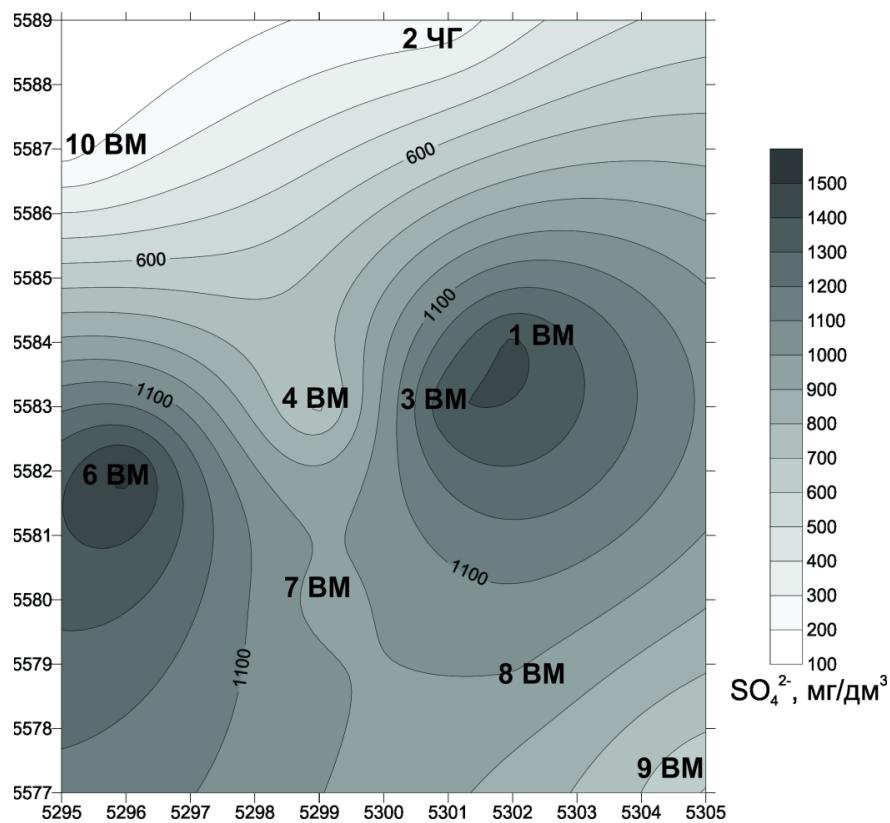


Рис. 4.18. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за вмістом SO_4^{2-} у шахтних водах. Умовні позначення див. рис. 4.15.

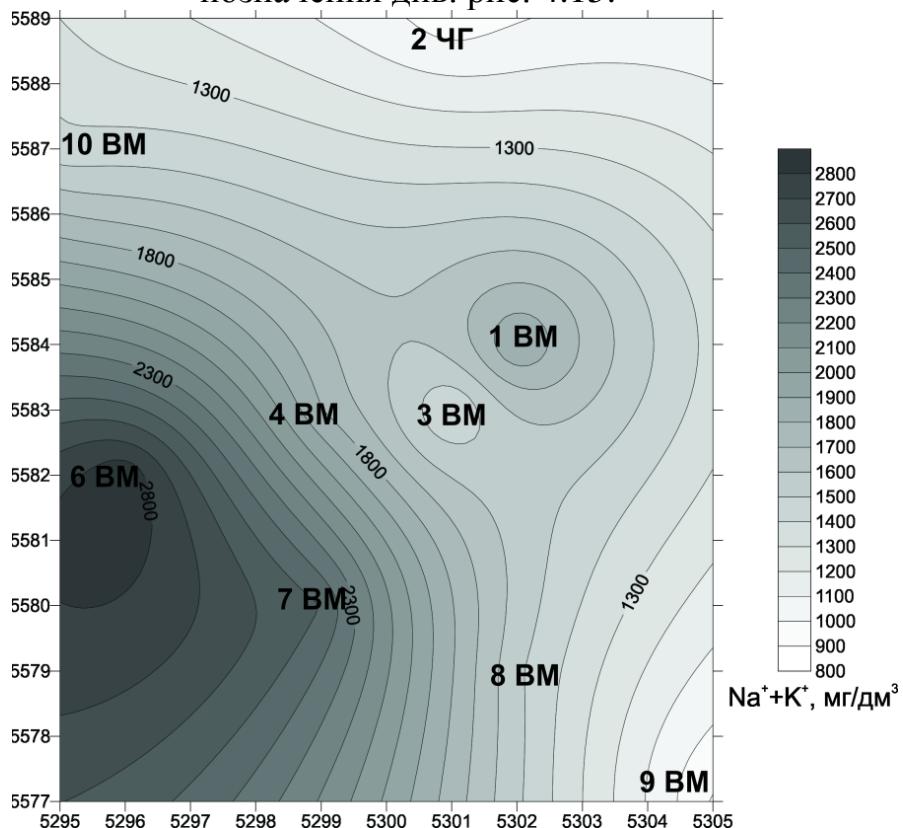


Рис. 4.19. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за вмістом $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ у шахтних водах. Умовні позначення див. рис. 4.15.

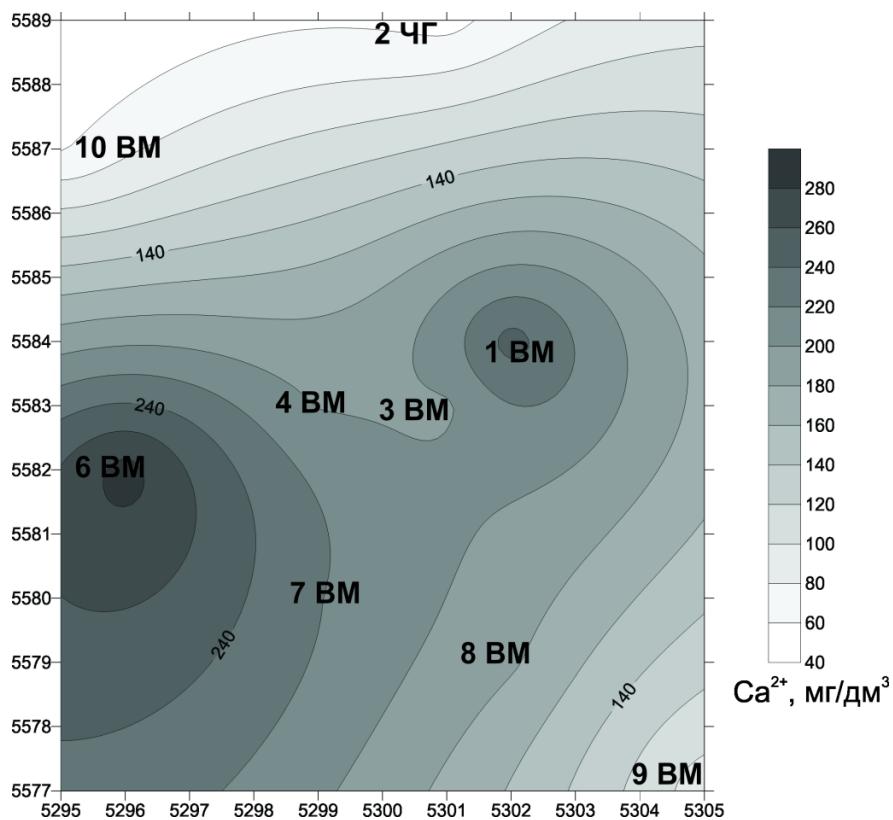


Рис. 4.20. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за вмістом Ca^{2+} у шахтних водах. Умовні позначення див. рис. 4.15.

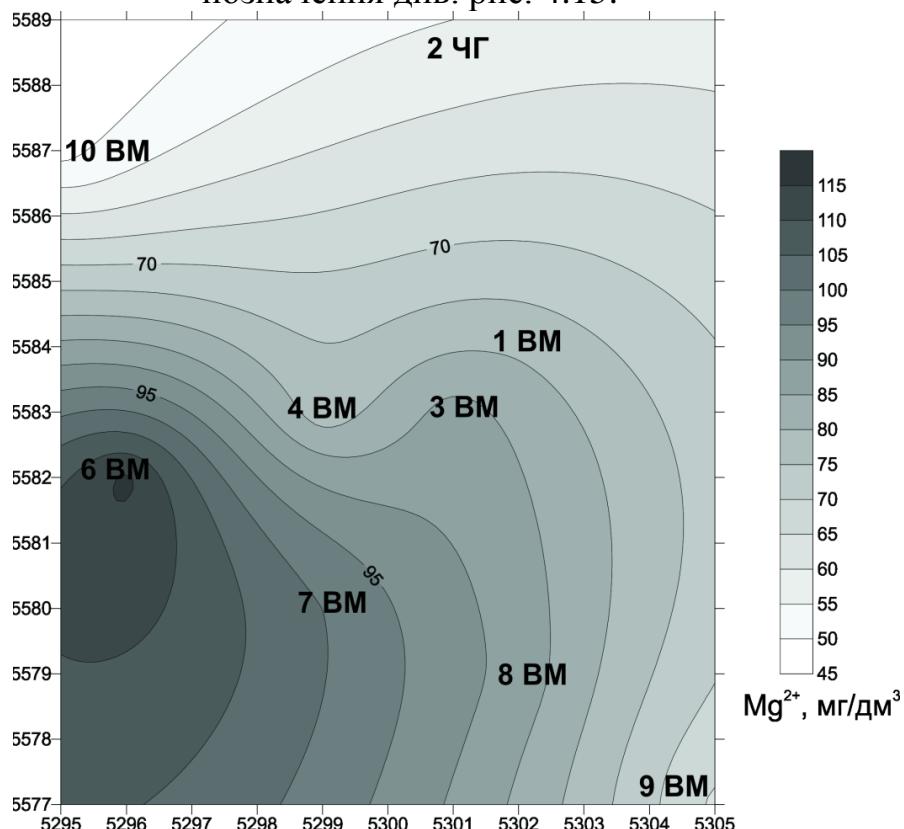


Рис. 4.21. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за вмістом Mg^{2+} у шахтних водах. Умовні позначення див. рис. 4.15.

Отже, розподіл шахтних вод зумовлений геологічною будовою, гідрогеологічними умовами і тектонічними особливостями території, а також сукупністю основних природних чинників, які визначають закономірності формування, розподіл і склад цих вод. На основі гідрохімічного аналізу ми змогли комплексно оцінити закономірності просторової зміни складу шахтних вод.

РОЗДІЛ 5

ЧИННИКИ ТА УМОВИ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ШАХТНИХ ВОД ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

Проблема шахтних вод завжди є актуальною з моменту дії гірничого підприємства. Шахтна вода, маючи різні показники хімічного складу і агресивних властивостей, негативно впливає на техніку, яку використовують при добуванні і на навколишнє середовище.

Проведення гірничих виробок у великих обсягах і на різних глибинах сприяє порушенню складеної внаслідок геологічного розвитку природної циркуляції підземних вод. Води, які поступають в шахти характеризуються спокійним витіканням у вигляді струмків або раптовими проривами [137].

Шляхами притоку вод в гірничі виробки являються наступні типи каналів:

- 1) природні – тектонічні розломи і тріщинуваті зони;
- 2) штучні – тріщини обрушенні гірських порід над виробленим простором, тріщини розвантаження, стовбури розвідувальних свердловин;
- 3) комбіновані – поєднання природних і штучних водопровідних каналів.

Ці води надходять у відпрацьований простір і проходять через водовідливи шахт і формують шахтні води.

Визначення поняття «шахтні води» наводиться в багатьох працях і підручниках, але найбільш вживані наведемо нижче.

Шахтні води – це підземні води, що проникають у гірничі виробки в процесі розкриття й експлуатації родовищ [137].

За даними Є. Посохова, шахтні води вугільних родовищ – це підземні води, що проникли в гірничі виробки і потім пройшли через водовідливне господарство [115].

Шахтними водами називаються підземні і поверхневі води, які поступили в гірничі виробки [128].

За даними «Екологічної енциклопедії», шахтні води – це води, що утворюються внаслідок формування припливу підземних вод у гірські виробки при видобуванні корисних копалин [43].

В ряді робіт по гідрогеології родовищ корисних копалин під терміном «шахтні води» приймаються підземні і поверхневі води, які проникли в гірничі виробки і впливають на умови експлуатації родовища.

В курсах шахтного водовідливу під «шахтними водами» розуміють води, які поступили в гірничі виробки і пройшли через водовідливне господарство.

Деякі з визначень є вузькими, однак у всіх визначеннях шахтною водою можуть виявитися не тільки підземні води, розкриті гірничими виробками і поступивші в них, але і поверхневі води, які поступили в підземні виробки через гирла стовбурів і через тріщини в породах [174].

Врахувавши усі визначення шахтних вод можна зробити узагальнене визначення. Отже, *шахтні води* – це поверхневі і підземні води, що проникли в гірничі виробки в процесі розкриття й експлуатації родовища, потім пройшли через водовідливне господарство і впливають на умови експлуатації родовища [21].

Шахтні води становлять головну частину (74–76%) стічних вод вугільної промисловості району [32].

У зв'язку з розвитком шахтного будівництва особливу важливість набувають спостереження за шахтними водами. Ретельне вивчення шахтних вод допоможе вирішити практичні питання, пов'язані з проходкою шахт і експлуатацією корисних копалин. До тих пір поки гірничі розробки не ведуться, циркулюючі підземні води знаходяться в стані природного режиму як результат рухомої рівноваги. Якщо в такому родовищі ведуться гірничі роботи і проводяться очисні роботи, то природній режим підземних вод різко змінюється і рівновага порушується [65].

Формування хімічного складу шахтних вод відбувається під дією двох груп факторів – природних та антропогенних. Як і всяке природне утворення, шахтні води відображають складні природні взаємозалежності і мають зонально-регіональний характер [171]. Склад і властивості цих вод формуються під впливом фізико-географічних, геоморфологічних, геохімічних, геологічних, тектонічних, гідрогеологічних та антропогенних чинників. У результаті всіх взаємодій, напрямок яких постійно змінюється під впливом розмаїтих чинників, формується той тип і гідрохімічний склад шахтних вод, який відповідає сформованим мінливим умовам у конкретному місці і в конкретний час [2].

Концентрації і можливість нагромадження в підземних водах макрокомпонентів визначаються геолого-гідрогеологічними умовами району і багато в чому залежать від мінерального складу водовмісних порід [106, 111]. Джерелами надходження даних компонентів у шахтні води є, головним чином, природні геологічні утворення (мінерали, гірські породи тощо).

За складом і властивостями шахтні води відрізняються від підземних вод [128, 135], але на початку їх появи представляють підземні води у природному стані, які поширені в районі [145].

Розглянемо детальніше процес формування шахтних вод. Формування шахтних вод починається ще на першій стадії проведення підготовчих виробок. При проходці гірничих виробок утворюються тріщини обвалу, які поширяються на сусідні водоносні горизонти і навіть гідрогеологічні комплекси. Води, які циркулюють по них, змішуються з водами, які містяться в вугільних пластах, що розробляються, і бокових породах, піддаються впливу повітряного окиснюваного середовища і в такому «метаморфізованому» виді на першій стадії надходять в гірничі виробки [137].

Істотніше змінюються шахтні води на другій стадії експлуатації виробок в умовах активного впливу шахтного середовища. Накопичення вод у підошві штреків і у відпрацьованому просторі лав, рух їх до центральних водозбірників із збагаченням на шляху продуктами руйнування гірських порід і вугілля, які містять сульфіди, надають їм нових властивостей і призводять до зміни

хімічного складу. В результаті цього накопичуються сульфат-іони, збільшується вміст лужноземельних елементів. Важливу роль на цьому етапі відіграють і процеси хімічної і механічної взаємодії вод з вміщуючими і рудоносними породами в гірничих виробках, гірничу атмосферою і гірничотранспортним обладнанням [79].

Також шахтні води, стікаючи по відпрацьованому просторі, збагачуються розчинами мінерального і механічного походження та завислими речовинами. Це піскові і глинисті частинки, мінеральні вкраплення вугілля (кварц, пірит, карбонати), інертний пил, розчинені у воді солі і кислоти, частинки вугілля (флюїніт, вітриніт), нафтопродукти тощо [90]. Наявність зазначених речовин у воді спричинює її каламутність, зумовлює забарвлення, запах, присmak, мінералізацію, кислотність і твердість [115]. Завислі речовини утворюються і надходять до води внаслідок руйнування гірського масиву, під час вантаження вугілля на транспортні засоби, дренажу вод через вироблений простір [99].

Шахтні води, які рухаються по гірничих виробках, крім підвищеної мінералізації, як правило, відрізняються сильною бактеріальною забрудненістю органічними відходами [128]. Характерними забруднюючими компонентами для шахтних вод являються оксиди азоту, поступлення яких зумовлено використанням на шахтах вибухових речовин, які містять амонійні солі [79].

У міру відпрацювання вугільних пластів склад шахтних вод також змінюється. На нашу думку, це залежить в основному від таких факторів як, глибина ведення гірничих робіт, що визначає хімічний склад вихідних підземних вод і ступінь обводнення виробок, а також наявності обводнених розривних порушень, здатних гіdraulічно пов'язувати підземні води різних гідрохімічних зон [66].

Відповідно до вищесказаного, спочатку розглянемо основні водоносні комплекси району досліджень, оскільки ці води є вихідними при формуванні шахтних вод.

5.1. Гідрогеологічні і гідрохімічні особливості підземних вод в природних умовах

Сучасні уявлення про підземні води території Львівсько-Волинського басейну ґрунтуються на обширних матеріалах спеціальних гідрогеологічних досліджень [137]. Площа Червоноградського гірничопромислового району, так як і Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну розташована в межах Волино-Подільського артезіанського басейну. Гідрогеологічні умови району досить складні [34]. Підземні води зосереджені у всіх стратиграфічних відкладах, але практичне значення мають водоносні горизонти від четвертинних до девонських (табл. 5.1-5.2) [9, 14].

Водовмісні породи *четвертинного водоносного горизонту* представлені пісками, супісками і суглинками. Поширеній спорадично і нерідко повністю випадає з розрізу. Водонасиченість горизонту збільшується в південному напрямі [137]. Потужність горизонту 6-7 метрів, іноді 10-12 метрів. Дебіти змінюються в межах 0,01-0,05 $\text{дм}^3/\text{с}$.

Спостерігається водонасиченість усіх порід горизонту і встановлено, що найбільша кількість води зосереджена в пісках, незначна – в супісках і дуже мало – в суглинках. Піски різної потужності залягають у вигляді лінз, прошарків, а в долині р. Західний Буг – у вигляді витриманого шару. Механічний склад їх неоднорідний, з переважанням середніх фракцій. Коефіцієнт фільтрації – 2-5 $\text{дм}^3/\text{добу}$, рідко сягає до 12 $\text{дм}^3/\text{добу}$. Найбільша обводненість пісків спостерігається в долинах річок і балок, де їх питомі дебіти становлять 0,5-0,6 $\text{дм}^3/\text{сек}$. Водонасиченість супісків мала і становить соті і десяті частки літрів за секунду за питомим дебітом. Суглиники широко розвинуті на вододілах, зменшуючись у потужності на схилах. Обводненість суглинків змінюється за питомим дебітом від 0,00056-0,0048 $\text{дм}^3/\text{с}$. Коефіцієнт фільтрації не перевищує 0,03-0,17 $\text{дм}^3/\text{добу}$. У пониженнях рельєфу, де інтенсивність обводнення пісків підвищується, загальна водоносність четвертинних відкладів стає максимальною [9].

Таблиця 5.1

**Основні водоносні комплекси
Червоноградського гірничопромислового району**

Водоносний комплекс (індекс)		Літологічний склад		Питомий дебіт, дм ³ /с	Коеф. фільтрації, дм ³ /добу	Тип скупчення підземних вод	Характер напору
		основних водовмісних порід	водотривких товщ				
Q		піски	суглинки	0,5-0,6	2-5	порові	безнапірний
		супіски		0,00056-0,0048	0,03-0,17		
шарні суглинки або замулена верхня частина мергелів сенону (потужність від см до 20 м)							
K ₂	сенонський водоносний комплекс	мергелі		0,009-25	0,02-5	тріщинні	напірний
	сенонський водоносний комплекс нижня частина	мергелі		0,11	0,002-0,004	практично безводний	
товща турону - монолітна крейда, крейдодобійні вапняки							
J		пісковики піски конгломерати	глини алевроліти	0,0028-0,0031	0,037-0,15	тріщинні	напірні
C ₁ ^{b+s}	башкирський ярус + бужанська світа C _{1z}	пісковики вугілля вапняки	алевроліти аргіліти	0,0015-0,036	0,02-0,24	пластово - тріщинні	напірні
C ₁ ^s	лишнянська + іванницька світи C _{1s+iv}						
потужна товща аргілітів та алевролітів							
C ₁ ^v		пісковики вапняки	алевроліти аргіліти			пластово - тріщинні	напірні
D		вапняки доломіти пісковики		0,1-5,4		пластові пластово - тріщинні	напірні
шарні вапняки у верхній частині силурійських відкладів							

Таблиця 5.2

**Геохімічна характеристика основних водоносних комплексів
Червоноградського гірничопромислового району**

Водоносний комплекс (індекс)	Мінералізація, мг/дм ³	Склад вод, мг/дм ³					Переважні геохімічні типи підземних вод
		Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	
Q	256 - 486	6,5 - 28,8	64 - 102,2	2,8 - 41	11,5 - 27,1	9,05 - 32,5	207 - 378,3
	347,5	15,95	85,6	15	19,9	18,5	274,3
K ₂	сенонський водоносний комплекс	200 - 916	17,7 - 356,5	13,8 - 86,3	4,4 - 25,3	5,8 - 172,8	1,2 - 99,2
	сенонський водоносний комплекс нижня частина	568	167	41,7	9,9	65,7	38,9
J		504 - 4032	30,8 - 1479	4 - 44,1	2 - 26,2	110,2 - 2190	24,7 - 187,9
		2213,5	777,6	29,7	13	1058,9	107
C ₁ ^{b+s}	башкирський ярус + бужанська світа	5017 - 5024	1840 - 1874,9	23 - 46,1	10 - 38,8	2705,6 - 2892,8	329,4 - 344,8
		5020	1857,5	34,5	24,4	2799,2	337,1
C ₁ ^s	лишнянська + іванницька світи	5328 - 8496	2018,3 - 3460	43,1 - 111,4	27,6 - 71	3034,9 - 5404,1	1,6 - 7,8
		7049	2717,3	72,4	44,8	4171,5	3,7
C ₁ ^v		18200 - 35656	5334 - 13709,8	178 - 1272	91 - 699,2	10052 - 17037	0 - 325,08
		24348	7839,3	794,5	378,9	13131,4	42,5
D		27000 - 35000	7000 - 14000	400 - 890	400 - 800	11000 - 17000	210
		31000	10500	645	600	14000	
		95970 - 159560	27784 - 43451	5917 - 19586	2104 - 2590	57974 - 98825	14,8 - 826
		139755	37627,8	14104	2330,8	85305	303,1
							33,6

Примітка – над рискою наведені мінімальні та максимальні концентрації, під рискою – середні значення

Води водоносного горизонту в четвертинних відкладах в природному вигляді досить прозорі, в основному безколірні, без запаху. Хімічний склад цих вод властивий для зони циркуляції. Переважаючий склад вод гідрокарбонатно-кальцієвий, а де розвинена заболоченість і торф'яники – хлоридно-гідрокарбонатно кальцієвий. Жорсткість їх різна, але в цілому висока. Мінералізація вод змінюється від 0,25 до 0,5 г/дм³, рідко досягає граничних значень 0,6-0,75 г/дм³. У всіх випадках води слабо лужні, з концентрацією водневих іонів 7,2-8,0. Серед додатних інгредієнтів домінує кальцій, з від'ємних – гідрокарбонати. Горизонт безнапірний і живиться виключно за рахунок атмосферних опадів і талих вод [172].

Водоупор представлений щільними суглинками або верхньою частиною мергелів сенону, обумовлює утруднений взаємозв'язок четвертинних вод з водами нижче лежачого сенонського горизонту.

Сенонський водоносний горизонт є основним горизонтом басейну. Приурочений до верхньої тріщинуватої зони мергелю сенонського ярусу крейдових відкладів. Це типовий напірний горизонт тріщинного типу, який характеризується великою потужністю та значним поширенням на площі [8], непостійною водозбагаченістю як за площею, так і у вертикальному розрізі.

Тріщинуватість мергелю нерівномірна і зумовлена як стародавнім вивітрюванням, так і неотектонічними рухами, в результаті яких сформувався сучасний рельєф. Зазвичай сприятлива для циркуляції вод тріщинуватість знаходиться в межах глибин 30-75 м, а нижче вона швидко затухає, і вже на глибині понад 100 м мергельна товща стає майже монолітною і практично безводною [137]. Характер тріщинуватості зумовлює різну водонасиченість горизонту - незначну на вододілах, підвищеною на схилах і високу в долинах балок і річок. Максимальна водоносність мергелю відноситься до інтервалу найбільш відкритої тріщинуватості (40-70 м). На південь, у бік області живлення, поступове зниження змінюється різким зменшенням водонасиченості.

Питомі дебіти горизонту змінюються в межах від 0,009 до 25 дм³/с, інколи сягають до 26,7 дм³/с (зони тектонічних порушень, що простежуються в мергельній товщі). Статичні (п'єзометричні) рівні відносно сучасних форм рельєфу знаходяться на різних глибинах. На підвищених ділянках земної поверхні рівні спостерігалися на глибинах від 15 до 95 м, а на понижених ділянках – підіймаються до 3,7-4,5 м вище устя свердловини.

Напрям потоку простежується до р. Буг і до його приток [74]. Існують широкі відхилення потоку в бік дрібних гідрографічних елементів, які дренують сенонаські води. По долинах рік сенонаські води виходять на поверхню у вигляді відкритих джерел.

Коефіцієнти фільтрації мергелів змінюються в межах 0,02-198 дм³/добу, що пояснюється різною тріщинуватістю порід, але переважають коефіцієнти до 5 дм³/добу, рідше до 20 і зовсім мало до 60 дм³/добу.

Сенонаські води прозорі і безколірні, безбарвні, без запаху. Температура води 8-12 ° С, частіше 8,8-9,6 ° С, що указує на досить стабільний температурний режим цього горизонту. Води слабо мінералізовані - 0,2-0,9 г/дм³ [34]. Серед аніонів домінуючими в розчині є гідрокарбонати. У хлориди входить хлор мінерального походження, їх вміст не перевищує 65 мг/дм³, сульфатів в цих водах до 40 мг/дм³. Серед катіонів на першому місці стоїть кальцій (13-87 мг/дм³), потім натрій. Магнію незначна кількість. Вміст заліза невеликий - 0,1-0,5 мг/дм³. Біdnість сенонаських вод на мікроелементи пояснюється інтенсивною циркуляцією і активним водообміном [9]. По відношенню до металу і бетону води не агресивні. Переважний склад вод гідрокарбонатно-кальцієвий, а в долинах річок у вигляді вузької смуги простежується гідрокарбонатно магнієво-кальцієвий [137].

Води сенонаського водоносного горизонту гіdraulічно пов'язані з водами нижньої частини мергельної товщі сенона. Умови існування такого зв'язку створюються завдяки наявності тріщинуватості, що продовжується в нижніх шарах, яка з глибиною тільки зменшується в кількості і скорочується в розмірах. Нижньосенонаські води концентруються в дрібних, слабо розвинених

тріщинах і характеризують перехідну зону в області затухання тріщинуватості з велими затрудненими умовами циркуляції. Питомий дебіт нижньої частини мергельної товщі не перевищує $0,11 \text{ дм}^3/\text{с}$. Фільтраційна властивість мергелю цієї зони надзвичайно мала і характеризується коефіцієнтами 0,002-0,004 $\text{дм}^3/\text{добу}$ [9]. Мінералізація вод коливається переважно в межах 0,5-2,2 $\text{г}/\text{дм}^3$, на тлі якої простежується помітне зростання її в південному напрямі до 4 $\text{г}/\text{дм}^3$. Склад вод гідрокарбонатно-натрієвий [122].

Верхнім водотривом сенонаського водоносного горизонту є зона замулювання, що складається з ущільненого глиноподібного мергелю. Встановлено, що зона замулювання володіє лише зниженою водопроникністю і властивостями фільтрації і тому є відносним водотривом. Потужність зони замулювання непостійна і змінюється від сантиметрів в зниженнях рельєфу до 15-20 м на вододілах. У долинах річок і балок напірні води прориваються на денну поверхню і утворюють численні джерела [137].

Нижнім водотривом сенонаського водоносного горизонту є відклади туруну, складені щільною, монолітною крейдою, перехідною в південній частині басейну в міцні крейдоподібні вапняки. У природних умовах ця товща практично безводна і представляє собою могутній водотрив [172].

Юрський водоносний горизонт належить до типу сингенетичних реліктових вод. Вони поховані під потужною товщею пізніших верхньокрейдових відкладів. Приурочений до рихлих пісковиків і пісків, що перешаровуються глинами, алевролітами і конгломератами [137]. Юрські відклади в басейні збереглися від розмиву лише в знижених частинах поверхні карбону, завдяки чому води їх гіdraulічно пов'язані з водами кам'яновугільних відкладів, мають з ними загальні умови формування і єдину гідрохімічну зональність [137].

Питомі дебіти ($0,0028$ - $0,0031 \text{ дм}^3/\text{с}$) вказують на відносно малу водонасиченість пісковиків, яка знаходиться в прямій залежності від водонасиченості порід карбону. Про це ж свідчить зовсім незначна фільтраційна здатність юрських пісковиків – $0,037$ - $0,15 \text{ дм}^3/\text{добу}$. В цілому

юрські відклади характеризуються наявністю малої кількості води, високим напором вод (33-39 атм), великими радіусами їх впливу (4,5-5 км) і відносно низькою здатністю фільтрації.

Юрські води в гідрохімічному відношенні відбивають склад вод карбону, з якими вони гіdraulічно пов'язані. За хімічним складом води хлоридно-натрієвого типу, з мінералізацією 5 г/дм^3 [9]. Показовим є незначний вміст лужних земель і сульфатів, вміст яких на території басейну змінюється.

Кам'яновугільний водоносний горизонт утворює горизонт високонапірних пластово-тріщинних вод, за своєю природою вони є похованими реліктовими водами, обмеженими виключно статичними запасами, не маючи в природному стані ніякого поповнення зовні. Його води концентруються в пісковиках, вапняках і вугільних пластиах, які, унаслідок розділення водонепроникними аргілітами і алевролітами, мають ярусне розповсюдження [69].

Підвищений вміст пісковиків у верхній частині горизонту відіграє основну роль у визначені гідрогеологічних умов. Вугільні пласти в нормальному заляганні зазвичай слабо обводнені, оскільки по характеру залягання водонепроникні аргіліти покрівлі і алевроліти підошви надійно екранують їх від обводнених пісковиків. Лише у тектонічно порушених зонах вони можуть обводнюватися з накопиченням вод в зонах тріщин. Вапняки у вугленосній товщі малопотужні, зустрічаються дуже рідко і не роблять помітного впливу на загальну водоносність [137].

Серед пісковиків найбільшою водоносністю відрізняються "срібні" пісковики, що мають широке розповсюдження в південній частині басейну і характеризуються непостійною потужністю і різною віддаленістю від основних робочих пластів вугілля. У звичайних умовах "срібні" пісковики мало обводнені, зате в зонах тектонічних порушень характеризуються підвищеною водоносністю [172].

Води кам'яновугільного горизонту високонапірні, їх рівень залежно від форм сучасного рельєфу, то піднімається вище за поверхню, то опускається нижче за неї. Найчастіше рівні змінюються в межах – 5-10 м нижче і до +5 м

вище поверхні землі. Зниження п'єзометричних рівнів чітко простежується в південно-західному напрямі, і цим вони відрізняються від вод верхньокрейдяного гідрогеологічного комплексу, тісно пов'язаного з сучасною мережею гідрографії [137]. Сила напору досягає 30-40 атм.

Водонасиченість відкладів збільшується з півночі на південь, сумарний дебіт при цьому змінюється від 0,0076 до 0,45 дм³/с і питомий дебіт – 0,0015-0,036 дм³/с. Фільтраційні властивості водоносних пісковиків на більшій частині території басейну коливаються в межах 0,002-0,24 дм³/добу, і тільки на півдні, де розріз включає "срібні" пісковики, вона підвищується до 0,07-0,81 дм³/добу [9].

Мінералізація кам'яновугільних вод різко відрізняється від верхньокрейдових. Відмінність ця збільшується в південному напрямі [69]. Хімічний склад вод хлоридно-натрієвий з переважаючою мінералізацією 5-10 г/дм³. В катіонному складі помітну роль відіграє натрій (2-3,5 г/дм³), в аніонному - хлор (3-5,4 г/дм³). Вміст кальцію і магнію збільшується до 40-80 мг/дм³, а гідрокарбонатів, навпаки, скорочується до 380 мг/дм³. Сульфатів немає, або вони містяться в дуже незначній кількості. Поведінка мікроелементів підкоряється тій же регіональній закономірності, яка спостерігається для більшої частини основних складових і виражається в підвищенному вмісті їх в найбільш мінералізованих хлоридно-натрієвих водах [9, 69, 137].

Гідрохімічна характеристика нижньої частини серпухівського ярусу (лишнянська та іваницька світи) базується на обмеженому фактичному матеріалі. Мінералізація вод підвищується до 25 г/дм³. Головними в складі цих вод являються іони хлору та натрію, вміст яких коливається в межах 10-17 г/дм³ і 5-13 г/дм³. Різко, в десять раз і більше, ніж у водах основної продуктивної товщі, зростає вміст лужних земель.

Води візейського ярусу належать до групи високонапірних пластово-тріщинних вод. П'єзометричні рівні були встановлені в 10-14,5 м вище поверхні землі. Спеціально ці води не вивчались. Безпосередньо в межах

поширення продуктивних відкладів у районі дослідження візейські води не були розкриті через глибоке залягання вміщуючих відкладів, відділених від горизонту продуктивного карбону товщею великої потужності, в складі якої домінують аргіліти та алевроліти. Візейські води характеризуються високою мінералізацією, яка в багато разів перевищує мінералізацію вод продуктивної товщі карбону. Така різниця, очевидно свідчить про відсутність зв'язку між водами цих ярусів. Мінералізація вод змінюється в межах 27-35 г/дм³. Візейські води мають виражений хлоридно-натрієвий склад, слабо-лужні (рН – 7,2-8). Вміст хлору і натрію в них зростає на південь: першого – з 10,59 до 17,02, другого – з 6,59 до 13,71 г/дм³. Показовим є високий вміст лужних земель – 0,4-0,89 г/дм³. Гідрокарбонати присутні в меншій кількості – до 0,21 г/дм³. Сульфати відсутні або знаходяться в дуже малій кількості [8].

Девонський водоносний горизонт має суцільне поширення під відкладами карбону. Нижнім водотривким горизонтом є щільні вапняки у верхній частині силурійських відкладів. Пластові і тріщинувато-пластові води розвинуті в піскуватих породах девону. Верхньодевонські води – це високонапірні розсоли. Девонські води високомінералізовані – 95-160 г/дм³, хлоридного натрієвого, кальцієвого натрієвого складу з низьким ступенем сульфатності [13]. Серед катіонів домінуюче значення має натрій, присутній в кількості – 27-43 г/дм³. Вміст кальцію становить 5-19 г/дм³, а кількість магнію в основному – 2,1-2,5 г/дм³. В групі аніонів переважають іони хлору з вмістом 57-98 г/дм³. Сульфати і гідрокарбонати зустрічаються в незначних кількостях: сульфатів до 0,3 г/дм³, гідрокарбонатів – 0,033 г/дм³.

Приведені дані дозволяють зробити деякі висновки про характер зміни хімічного складу підземних вод басейну у вертикальному розрізі. Зміна складу вод і мінералізації з глибиною підпорядкована певній закономірності, тісно пов'язаній з послідовною зміною типів вод в геологічному розрізі. Вертикальна диференціація підземних вод зводиться до послідовної зміни гідрокарбонатів хлоридами і кальцію натрієм. При цьому зміна типів вод різкіше виражена по головних аніонах і тільки в нижній частині кам'яновугільного комплексу по

абсолютним переважанням катіону натрію і аніону хлору. Зміна типів вод по вертикалі зверху вниз від гідрокарбонатно-кальцієвих до хлоридно-натрієвих йде паралельно росту мінералізації від 0,5 до 140 г/дм³ [9, 128].

5.2. Гідрохімічне моделювання процесів змішування підземних вод

Проведення гірничих виробок у великих обсягах і на різних глибинах сприяє порушенню складеної внаслідок геологічного розвитку природної циркуляції підземних вод. При проходці гірничих виробок утворюються тріщини обвалу та розкриваються обводнені тектонічні порушення, які поширяються на сусідні водоносні горизонти і навіть гідрогеологічні комплекси. Води, які циркулюють по них, змішуються і надходять в гірничі виробки. Шахтні води на початку їх появи представляють підземні води у природному стані, які поширені в районі.

Для з'ясування питання формування шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району проведено гідрохімічне моделювання процесів змішування підземних вод різних водоносних комплексів. Для проведення моделювання використовували дані опробування підземних вод району досліджень до початку роботи шахт (табл. 5.2).

Проведене гідрохімічне моделювання ґрунтуються на закономірностях змішування вод різного складу, встановлених А. Н. Огільві та Н. А. Огільві, які виражаються формулою Огільві:

$$C = \frac{C_1 M_1 + C_2 M_2}{M_1 + M_2}$$

де C_1 – концентрація досліджуваного компонента в об'ємі води M_1 ;

C_2 – концентрація досліджуваного компонента в об'ємі води M_2 ;

C – концентрація досліджуваного компонента в суміші.

Необхідно враховувати, що формула Огільві є достовірною за умов відсутності процесів сульфат – редукції, випадання мінерального осаду, сорбції, дегазації та ін. Але незважаючи на це, дана модель дозволяє виявити закономірності еволюції складу вод [59, 92, 93].

Автором проведено гідрохімічне моделювання змішування підземних вод крейдяного, карбонового та девонського водоносного горизонтів, а саме:

- 1) підземні води сенонського водоносного горизонту – K_2 ;
- 2) підземні води надпродуктивної та продуктивної товщі кам'яновугільних відкладів (башкирський ярус + продуктивна бужанська світа серпухівського яруса) – C_{bz} ;
- 3) підземні води нижньої частини серпухівського яруса (лишнянська та іваницька світа) – C_{ls+iv} ;
- 4) підземні води візейського яруса – C_1^v ;
- 5) підземні води девонського водоносного горизонту – D .

Результати моделювання наведені в табл. 5.3, рис. 5.1-5.5 та у додатку В.

Визначення ступеня процесу змішування підземних вод вирішується наступним чином. Знаючи хімічний склад підземних вод, змішання яких передбачається, розраховують концентрацію кожного компонента у суміші за формулою Огільві. Об'єм змішування підземних вод різних водоносних комплексів змінюється у співвідношеннях від «1:99» до «99:1». Після цього фактичний склад шахтних вод по кожному іону порівнюють з розрахованим вмістом цього ж іону для різних варіантів змішування підземних вод. Автором проведені розрахунки вмісту іонів натрію і калію, кальцію та магнію, іонів хлору та сульфат іонів для різних варіантів змішування підземних вод. Вмісти гідрокарбонат іонів не брались до уваги у процесі змішування так як вуглекислота легко розкладається на вуглекислий газ і воду. Відповідно до цього вміст гідрокарбонатів у підземних та шахтних водах могли бути визначені некоректно. Якщо для всіх іонів різниця між відстоками змішування підземних вод різних водоносних комплексів не перевищує 5%, то вибрані води дійсно змішуються. Якщо для більшості іонів ця різниця сильно відрізняється, то можна стверджувати, що досліджувані шахтні води є продуктом якихось інших вод. Таким чином, з допомогою підбору складових підземних вод можна встановити, які води беруть участь у змішуванні.

Проведені дослідження показали, що шахтні води Червоноградського гірничопромислового району є результатом змішування підземних вод верхньої крейди з водами нижче лежачої лишнянської та іваницької світ, так як різниця між відстоками змішування для різних іонів не перевищує 5% (табл. 5.3). Для усіх решта варіантів змішування підземних вод ця різниця сягає 10% і більше. При деяких варіантах змішування значення вмісту окремих іонів шахтних вод не встановлено, що свідчить про неможливість змішування цих вод.

Таблиця 5.3

Результати гідрохімічного моделювання змішування підземних вод Червоноградського гірничопромислового району

шахтні води, МГ/ДМ ³	5583	1697,4	171	79,8	2165,1	887,2
Співвідношення змішування, %	M	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
K ₂ :C _{bz}	23:77	40:60	-	-	49:51	-
K ₂ :C _{ls+iv}	79:21	80:20	83:17	81:19	84:16	-
C _{bz} :C _{ls+iv}	-	-	86:14	90:10	-	-
K ₂ :C _{bz} :C _{ls+iv}	60:26:14	60:30:10	60:24:16	64:19:17	64:29:7	-
K ₂ :C ₁ ^v	84:16	85:15	79:21	88:12	85:15	-
C _{bz} :D	-	-	-	99:1	-	-
C _{ls+iv} :D	-	-	-	-	-	-
K ₂ :C _{bz} :D	84:13:3	81:16:3	96:3:1	32:66:2	69:30:1	-
K ₂ :C _{ls+iv} :D	93:4:3	84:15:1	98:1:1	96:1:3	95:3:2	-

На основі результатів гідрохімічного моделювання встановлені відсоткові співвідношення змішування підземних вод сенонського водоносного комплексу з підземними водами лишнянської та іваницької світ для кожної шахти району досліджень (табл. 5.4). Отримані дані свідчать, що в південно західному напрямку відсоток поступлення підземних вод сенонського водоносного комплексу зменшується, відповідно відсоток поступлення підземних вод лишнянської та іваницької світ збільшується, що ймовірно пов'язано з геологічними (в цьому ж напрямку покращуються водотривкі

властивості товщі туронських крейдоподібних вапняків) та тектонічними (зменшення кількості обводнених розривних порушень, які сягають верхньої крейди) особливостями території.

Таблиця 5.4

Результати гідрогеохімічного моделювання змішування сенонського водоносного комплексу з водами лишнянської та іваницької світ для шахт Червоноградського гірничопромислового району

Співвідношення змішування, %	1ВМ	2ЧГ	3ВМ	4ВМ	6ВМ	7ВМ	8ВМ	9ВМ	10ВМ
K_2	78	90	83	80	68	73	82	90	85
C_{ls+iv}	22	10	17	20	32	27	18	10	15

Необхідно звернути увагу, що вміст сульфат іонів не встановлено в жодному варіанті змішування, що може бути пояснене іншим джерелом надходження даного компонента у шахтні води, а саме внаслідок окислення порід, що містять сульфіди і сірку.

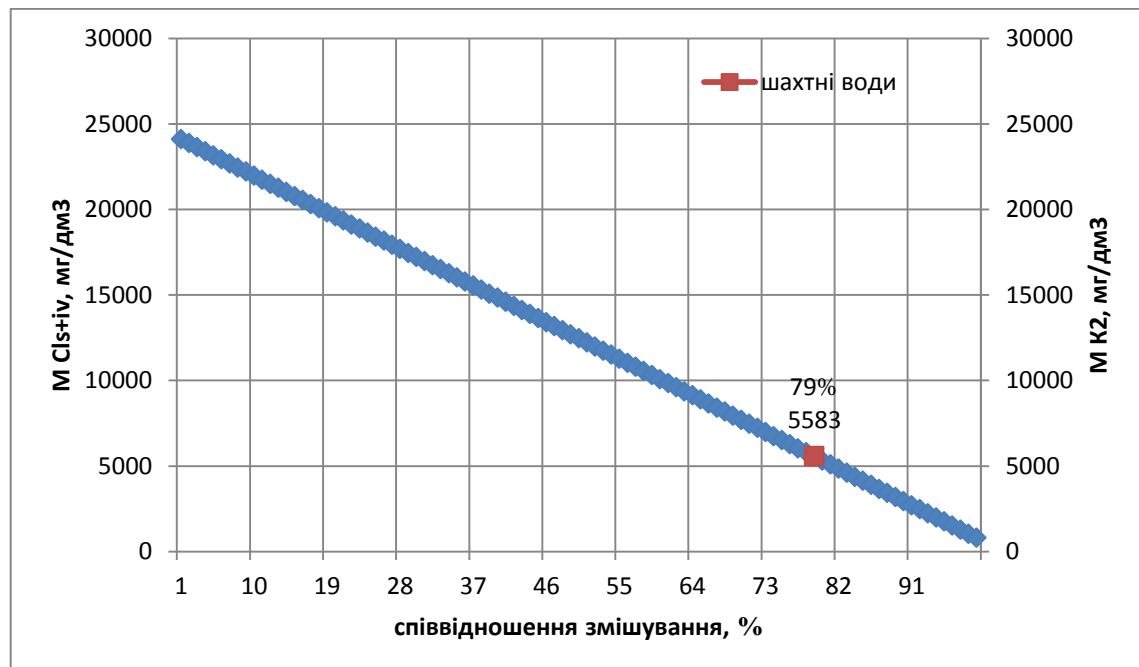


Рис. 5.1. Модельна варіаційна крива мінералізації за умови змішування підземних вод нижньої частини серпухівського ярусу з верхньокрейдовими у співвідношенні від «1:99» до «99:1»

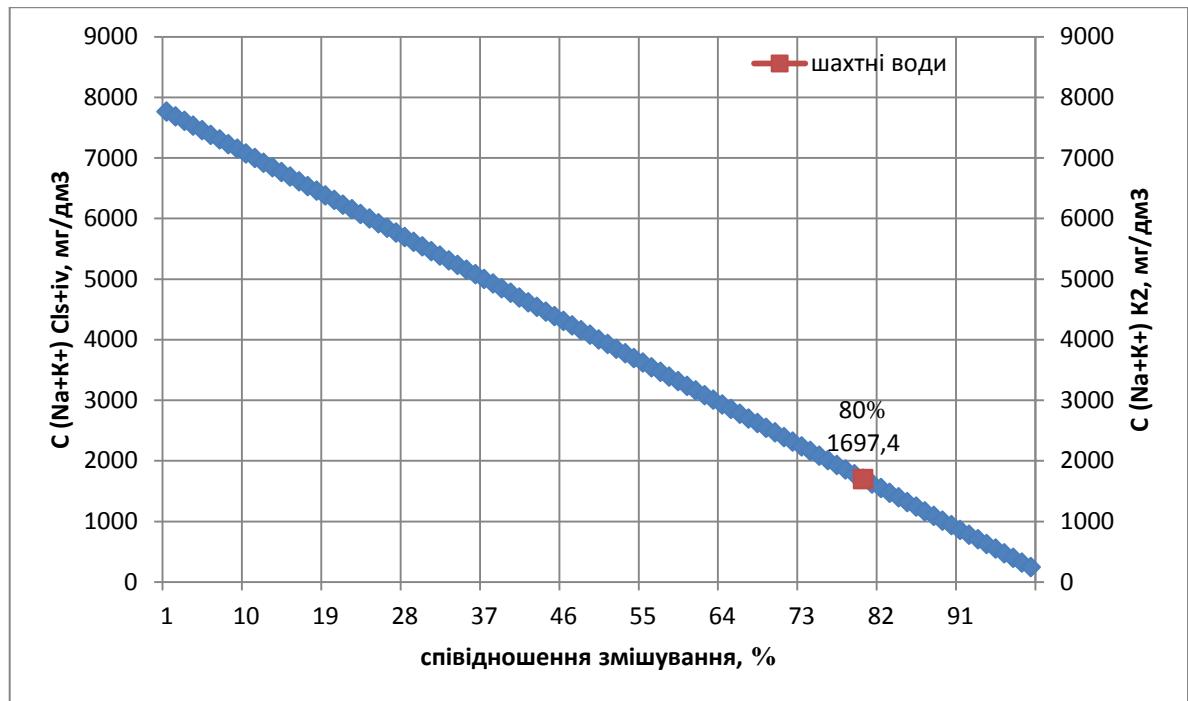


Рис. 5.2. Модельна варіаційна крива вмісту натрію та калію за умови змішування підземних вод нижньої частини серпухівського ярусу з верхньокрейдовими у співвідношенні від «1:99» до «99:1»

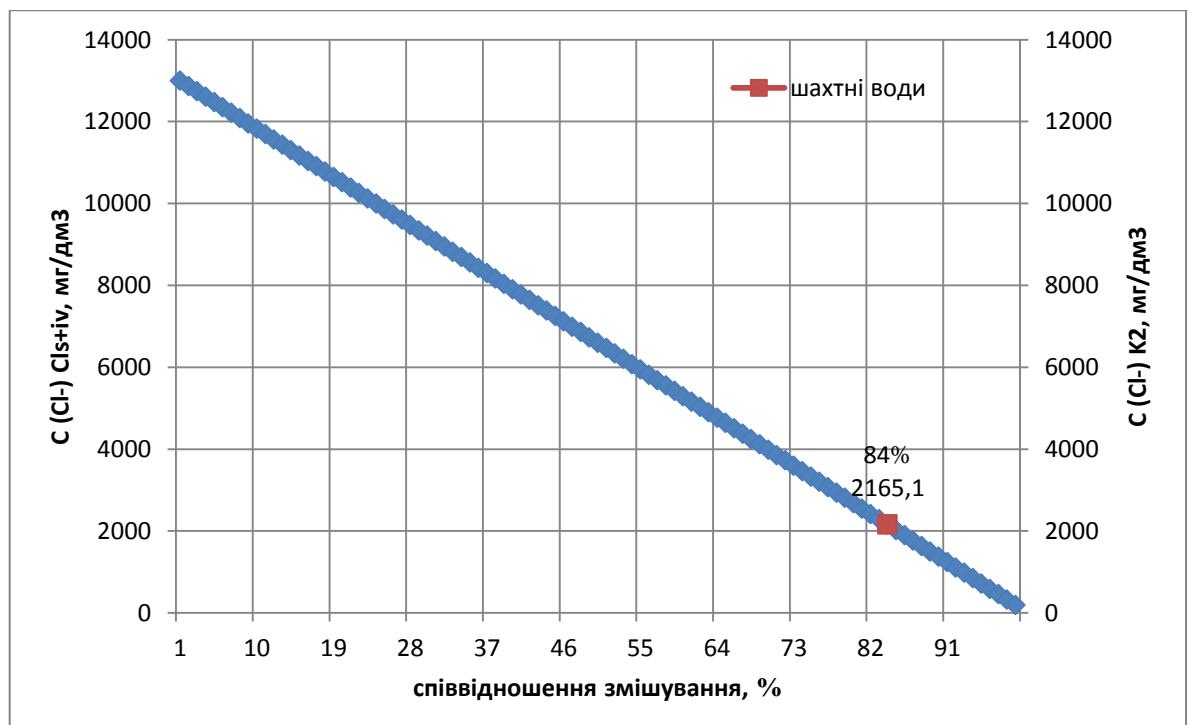


Рис. 5.3. Модельна варіаційна крива вмісту хлору за умови змішування підземних вод нижньої частини серпухівського ярусу з верхньокрейдовими у співвідношенні від «1:99» до «99:1»

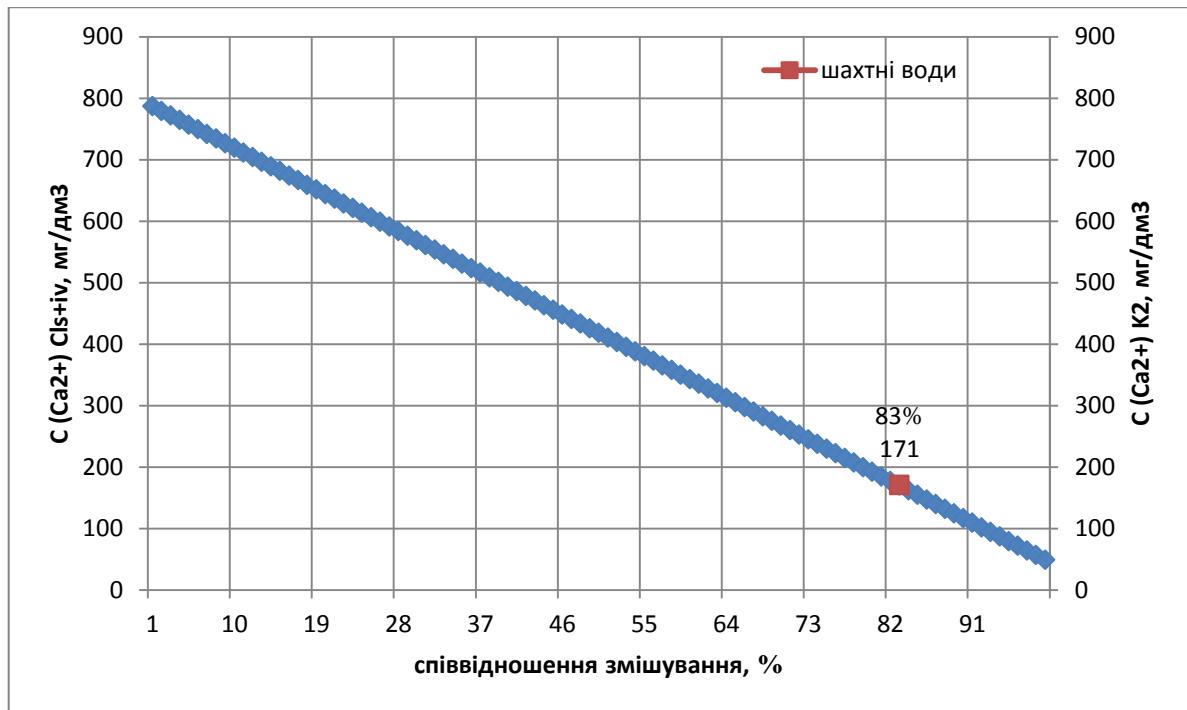


Рис. 5.4. Модельна варіаційна крива вмісту кальцію за умови змішування підземних вод нижньої частини серпухівського ярусу з верхньокрейдовими у співвідношенні від «1:99» до «99:1»

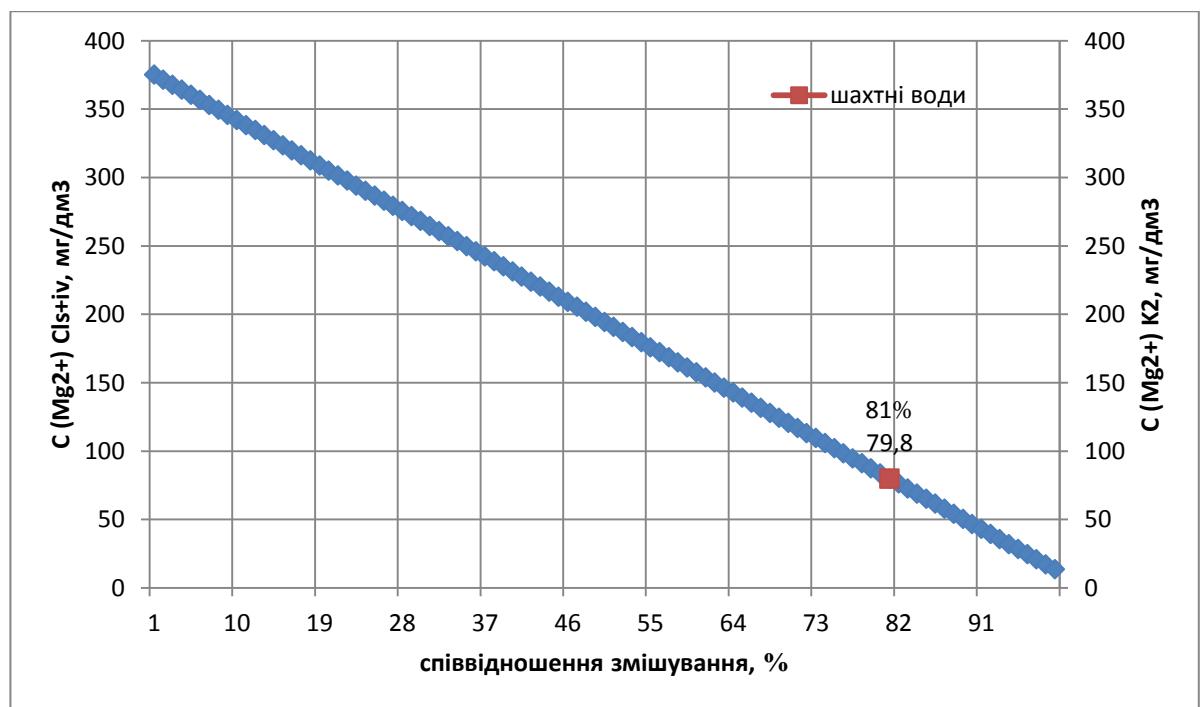
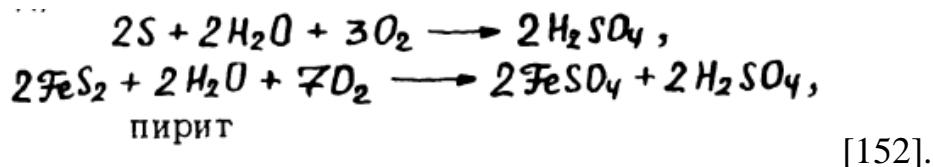


Рис. 5.5. Модельна варіаційна крива вмісту магнію за умови змішування підземних вод нижньої частини серпухівського ярусу з верхньокрейдовими у співвідношенні від «1:99» до «99:1»

В пластиах вугілля Червоноградського гірничопромислового району широко поширені вкраплення піриту, а вугілля басейну відноситься до сірчистого. Вугілля пласта n_7^H можна віднести до середньосірчистого - на більшості шахт району середня сірчастість цього пласта складає 2,3% при коливаннях від 1,5 до 3,7%. Вугілля пласта n_7^B високосірчисте – вміст сірки на шахтах району дослідження досягає 4,6-6,4 %. Вміст сірки в пласті n_8 в середньому становить 1-1,5 %. Вугілля пласта n_8^B високосірчисте – вміст сірки коливається від 4,6 до 6,7%. Сірчастість пласта n_9 коливається від 2,7 до 3,6% [137].

При попаданні змішаних підземних вод на вугілля, яке містить пірит і сірку проходять процеси окислення, ймовірно, за участю мікроорганізмів.

Процеси окислення сульфідів супроводжується утворенням шахтних вод, які містять вільну кислоту:



Це позначається на збільшення вмісту в шахтних водах сульфатів і збільшення їх мінералізації [127]. Також із збільшенням шляху руху шахтних вод по виробках їх мінералізація збільшується в результаті збагачення сірчанокислими солями (сульфатами).

Отримані результати показують, що шахтні води Червоноградського гірничопромислового району на сучасному етапі вуглевидобутку є результатом змішування мінералізованих вод нижньої частини серпухівського ярусу (лишнянської та іваницької світ) та прісних вод верхньої крейди (сенонського водоносного комплексу). Процес формування шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району показано на рис. 5.6.

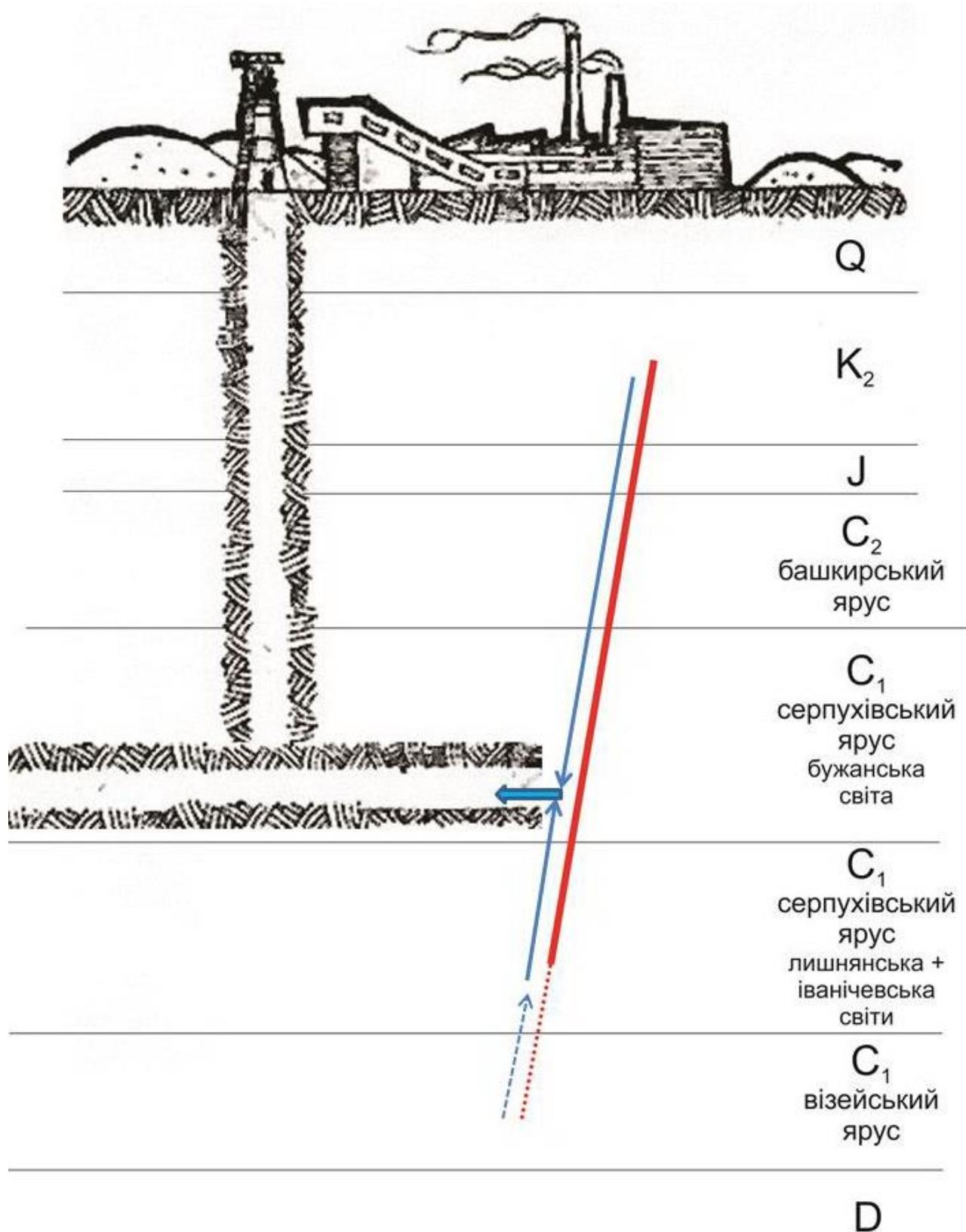


Рис. 5.6. Процес формування шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

Отримані дані дозволяють здійснити прогноз змін складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району. У випадку спрацювання підземних вод лишнянської та іваницької світ, посиляться процеси перетікання підземних вод з візейського яруса і відповідно у гірничих виробках будуть змішуватися верхньокрейдові води з візейськими. Внаслідок цього склад шахтних вод зміниться. Для розрахунку прогнозного вмісту основних компонент шахтних вод проведено моделювання змішування візейських вод з верхньокрейдовими за формулою Огільві у співвідношеннях встановлених на сучасному етапі формування (табл. 5.5). Отримані результати показують, що у випадку спрацювання підземних вод лишнянської та іваницької світ, у гірничих виробках внаслідок змішування верхньокрейдових та візейських вод будуть формуватися шахтні води, мінералізація яких буде вищою на 24,6 %, вміст натрію та калію – 31,6 %, хлору – 6 %, магнію – 52,9 %, а вміст кальцію зменшиться на 15,6 %.

Таблиця 5.5

Прогноз змін складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району у випадку спрацювання підземних вод лишнянської та іваницької світ та змішування верхньокрейдових вод з візейськими

МГ/ДМ ³	усереднений склад шахтних вод на сучасному етапі вуглевидобутку	співвідношення змішування, %	прогнозний склад шахтних вод	зміна складу шахтних вод, %
M	5583	79:21	6958,7	24,6
Na ⁺ +K ⁺	1697,4	80:20	2233,6	31,6
Cl ⁻	2165,1	84:16	2295,2	6
Ca ²⁺	171	83:17	144,3	-15,6
Mg ²⁺	79,8	81:19	122	52,9

Такий прогноз зміни складу шахтних вод проведений також для кожної шахти Червоноградського гірничопромислового району (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

**Прогноз змін складу шахтних вод Червоноградського
гірничопромислового району у випадку спрацювання підземних вод
лишнянської та іваницької світ та змішування верхньокрейдових вод з
візейськими**

шахта	співвідношення змішування, %	склад шахтних вод, мг/дм ³									
		M			Na ⁺ +K ⁺			Cl ⁻			
		факт	прогноз	Δ, %	факт	прогноз	Δ, %	факт	прогноз	Δ, %	
1ВМ	78:22	6534,2	7263	11,2	1916,1	2440,3	27,4	2183,6	3592,5	64,5	
2 ЧГ	90:10	3160,2	3611,2	14,3	939,8	1200,3	27,7	1048,5	1459,1	39,2	
3ВМ	83:17	5010,6	5741,4	14,6	1387,4	1923,6	38,6	1415,7	2434,5	72	
4ВМ	80:20	5813,6	6654,4	14,5	1803,9	2233,6	23,8	2604	2852,6	9,6	
6ВМ	68:32	9231	10306,2	11,7	2880,6	3473,6	20,6	3837,2	4524,7	17,9	
7ВМ	73:27	7842,4	8784,6	12	2499,7	2956,9	18,3	3533,8	3828	8,3	
8ВМ	82:18	5257,3	6045,8	15	1522,7	2026,9	33,1	1828,3	2573,9	40,8	
9ВМ	90:10	3107	3611,2	16,3	889,3	1200,3	35	1019,7	1459,1	43	
10ВМ	85:15	4291,5	5132,8	19,6	1437,4	1716,9	19,4	2015,4	2155,8	7	
шахта	співвідношення змішування, %	склад шахтних вод, мг/дм ³									
		Ca ²⁺			Mg ²⁺						
		факт	прогноз	Δ, %	факт	прогноз	Δ, %				
1ВМ	78:22	249,8	174,4	-30,2	79	139,7	76,8				
2 ЧГ	90:10	52,2	102	95,4	55	68,9	25,3				
3ВМ	83:17	197,4	144,3	-26,9	87,8	110,2	25,5				
4ВМ	80:20	199,2	162,4	-18,5	77,6	127,9	64,8				
6ВМ	68:32	288,9	234,8	-18,7	116,5	198,7	70,6				
7ВМ	73:27	221,9	204,6	-7,8	100,8	169,2	67,9				
8ВМ	82:18	183,3	150,3	-18	88,6	116,1	31				
9ВМ	90:10	88,3	102	15,5	64,6	68,9	6,7				
10ВМ	85:15	58	132,2	127,9	48,7	98,4	102				

Отримані результати показують, що у випадку спрацювання підземних вод лишнянської та іваницької світ, у гірничих виробках шахт Червононоградського гірничопромислового району внаслідок змішування верхньокрейдових та візейських вод будуть формуватися шахтні води, мінералізація яких збільшиться на 11,2-19,6 %, вміст натрію та калію – 18,3-38,6 %, хлору – 7-72 %, магнію – 6,7-102 %, а вміст кальцію на окремих шахтах збільшиться від 15,5 до 127,9 % (2ЧГ, 9ВМ, 10ВМ), а на решта шахт – зменшиться від 7,8 до 30,2 %.

5.3. Геохімічні асоціації основних компонентів шахтних вод

Однією з основних задач при статистичній обробці гідрохімічних даних є визначення і оцінка залежності між концентраціями різних компонентів та факторами їх формування. Величини концентрацій хімічних компонентів, які визначаються у шахтних водах, є результатом складних фізико-хімічних процесів і характеризують їх у визначеному просторово-часовому діапазоні [121].

При гідрохімічних дослідженнях визначається ймовірність зв'язків між компонентами. Гідрохімічні процеси являють собою нескінчений ланцюг причинно-наслідкових явищ, які змінюються в просторі і часі. При гідрохімічних процесах на кожну з випадкових величин, між якими визначається залежність, діють як загальні так і часткові фактори, тобто на концентрацію кожного компоненту можуть впливати фактори, які характерні тільки для нього (часткові), та фактори, які впливають також на інші компоненти (загальні). Тому при дослідженні гідрохімічних процесів зв'язок між компонентами проявляється у вигляді тенденції [104].

Кореляційний аналіз досліджує взаємозв'язок між величинами, що змінюються. Взаємозв'язок може бути повним (функціональним), тоді коефіцієнт кореляції дорівнює одиниці, або, відсутнім, тоді коефіцієнт кореляції дорівнює нулю. Взаємозв'язок між двома величинами позначається коефіцієнтом, який займає проміжне положення між нулем і одиницею в залежності від сили (щільності) взаємозв'язку.

Особливість кореляційного аналізу – намагання не просто встановити взаємний зв'язок тих чи інших показників, а знаходити причину взаємозв'язків, інакше – причини залежності, які представлені коефіцієнтом кореляції [51].

Відповідно для кількісної оцінки кореляційного зв'язку використовують коефіцієнт кореляції. Коефіцієнт кореляції (r_{xy}) вважається найбільш поширеним показником щільноті зв'язку двох чи більше ознак. Абсолютна величина знаходитьться в межах від нуля до одиниці. Чим тісніший зв'язок, тим більша абсолютна величина коефіцієнта кореляції. Якщо $r=0$, то зв'язок відсутній. Якщо $r=+1$, або $r=-1$, то зв'язок функціональний. Знак «+» вказує на пряму залежність, знак «-» вказує на обернену залежність. При прямому зв'язку із зростанням одного показника зростає і інший, а при зворотному – при зростанні одного показника другий зменшується [51, 104].

Багатомірний кореляційний аналіз використовується для розділення численних ознак за характером їх внутрішнього зв'язку. Методи багатомірного кореляційного зв'язку використовують для вивчення залежностей між випадковими величинами; в даному випадку між елементами, що залежать від сукупного впливу факторів неясної фізичної природи.

Методи виділення парагенетичних асоціацій хімічних елементів зводяться до розділення вихідних сукупностей на декілька класів за ступенем схожості об'єктів, що їх складають. Основою класифікації вихідних сукупностей хімічних елементів є кореляційні матриці, їх вміст в об'єктах, що вивчаються, а мірою схожості – оцінка парних коефіцієнтів, їх кореляцій [120]. Такі матриці були складені і в даному випадку (Додаток Д).

Виділення парагенетичних асоціацій елементів зводиться до виявлення в середині кореляційної матриці однорідних блоків, що відповідають таким сукупностям елементів, вмісти яких зв'язані лінійно додатною залежністю (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

**Таблиця однорідних блоків коефіцієнтів кореляції для шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району**

	1ВМ	2ЧГ	ЗВМ	4ВМ	6ВМ	7ВМ	8ВМ	9ВМ	10ВМ
Зважені речовини-Прозорість	-0,85	-0,52	-0,9	-0,88	-0,88	-0,85	-0,68		-0,76
Мінералізація - Сухий залишок	0,93	0,88	0,87	1	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97
Na+K+ - Сухий залишок	0,77	0,87	0,86	0,98	0,97	0,98	0,94	0,96	0,97
Cl- - Сухий залишок		0,87	0,67	0,96	0,95	0,96	0,89	0,98	0,96
Мінералізація - Cl-		0,93	0,76	0,96	0,95	0,96	0,89	0,96	0,97
Мінералізація - Na+K+	0,89	0,98	0,97	0,99	0,99	1	0,94	0,99	1
Na+K+ - Cl-	0,51	0,93	0,82	0,95	0,95	0,96	0,87	0,97	0,98
SO4-- - Мінералізація	0,69		0,8		0,62	0,54			
SO4-- - Сухий залишок	0,72		0,69		0,63	0,56			
Ca++ - Сухий залишок			0,55	0,51		0,53		0,76	
Ca++ - Cl-				0,54		0,51		0,69	
Ca++ - Мінералізація			0,7			0,5		0,72	
SO4-- - Na+K+			0,68		0,58				
Ca++ - Na+K+			0,55					0,67	
Окисність - NO3-							0,52	0,56	
Окисність - Мінералізація							0,63	-0,58	
Окисність - Cl-							0,68	-0,58	
Окисність - Na+K+							0,66	-0,57	
Окисність - Сухий залишок							0,62	-0,6	
Mg++ - Зважені речовини								0,59	
Mg++ - SO4--								0,75	
Ca++ - Mg++						-0,58			
HCO3- - pH								0,72	
SO4-- - pH								-0,54	
NO2- - pH					-0,51				
Сухий залишок - pH				-0,59					
Мінералізація - pH				-0,6					
Na+K+ - pH				-0,57					
Cl- - pH				-0,55					
SO4-- - HCO3-								-0,53	
Ca++ - NO3-								0,58	
CL- - NO3-								0,54	
Окисність - Ca++						0,5			
Окисність - NH4+						0,52			
NO2- - Сухий залишок				0,52					
NO2- - Na+K+				0,5					
NO2- - Cl-				0,5					
NO2- - Мінералізація				0,5					
Ca++ - SO4--			0,74						
HCO3- - Сухий залишок		0,54							
HCO3- - Na+K+		0,63							
HCO3- - Cl-		0,5							
HCO3- - Мінералізація		0,71							

При розв'язанні багатьох геологічних задач результати обчислень кореляційних матриць часто зображують у вигляді графіків без додаткової математичної обробки даних. Для цієї мети весь діапазон значень коефіцієнтів парної кореляції умовно розбивають на декілька інтервалів, які показують ступінь зв'язку між парами елементів (в даному випадку: високий коефіцієнт кореляції – $>0,7$; середній – $0,7-0,5$) [51].

Розглянувши кореляційні матриці компонентів і характеристик шахтних вод ЧГПР виділено пари елементів зі значимими кореляційними зв'язками (табл. 5.7). Для усіх шахт спостерігається кореляція показників зважених речовин і прозорості; мінералізації з сухим залишком, Na^+K^+ , Cl^- , сухого залишку з Na^+K^+ , Cl^- і Na^+K^+ з Cl^- . Необхідно звернути увагу, що на шахтах 1ВМ, 3ВМ, 6ВМ, 7ВМ виділяються значимі кореляційні зв'язки між сухим залишком, мінералізацією і SO_4^{2-} , а на шахтах 3ВМ, 4ВМ, 7ВМ, 9ВМ – між мінералізацією, сухим залишком, Cl^- і Ca^{2+} [20, 193].

Отримані результати дослідження кореляційних залежностей між компонентами і характеристиками складу шахтних вод підтверджують, що формування шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району відбувається внаслідок розбавлення мінералізованих вод нижньої частини серпухівського яруса (води хлоридно натрієві з високим вмістом лужних земель) прісними водами сеноонського водоносного комплексу (води гідрокарбонатно кальцієві).

5.4. Чинники і процеси формування хімічного складу шахтних вод

Досконально пізнати сутність і розвиток будь-якого досліджуваного явища можна лише за умови розкриття його внутрішнього змісту, з'ясування взаємозв'язку його складових. Хімічний склад шахтних вод є кінцевим результатом дії не одного, а цілої сукупності процесів, як природних так і техногенних. Вплив цих процесів на шахтні води позначається на взаємопов'язаній зміні вмісту компонентів складу шахтних вод [40, 154]. Для встановлення факторів формування складу шахтних вод використовують різні аналітичні методи, але найбільш вживаним виявився ймовірнісно-статистичний

підхід, що спирається на використання методів багатовимірного статистичного аналізу. Статистичні методи є ефективними у виявленні закономірностей прихованих у масивах даних. Ці закономірності можна розглядати лише по кінцевих результатах прояву процесів, які відображаються у значеннях вмісту компонентів [154].

Важливе місце серед методів багатовимірного аналізу займає факторний аналіз [50]. Він пристосований для дослідження складних природних систем, які формуються під дією і впливом різноманітних факторів. При цьому вважається, що дія вказаних факторів викликає взаємопов'язану зміну показників, які характеризують досліджувану систему. При цьому кожний показник є випадковою величиною, розподілена нормально з кінцевою дисперсією. Передумовою методу служить уява про те, що кореляція між показниками, які характеризують природну систему, є наслідком їх лінійної залежності між певним числом інших невідомих характеристик, які не пов'язані між собою. І саме ці характеристики можна вважати «причинами», а спостережувані показники – наслідками. Зміст аналізу полягає у пошуку невідомих характеристик, які і носять назву факторів [61]. Вивчення структури цих факторів дозволяє встановити причини, що породжують взаємозв'язки між досліджуваними показниками, і тим самим дати причинно-наслідкову інтерпретацію отриманих результатів [50, 108].

Кожний фактор присутній тільки в деякій сукупності спостережуваних показників, що формуються під дією цього фактора. Внаслідок цього між показниками досліджуваної сукупності виникають певні зв'язки. Кожен показник може входити в різні сукупності, якщо його значення змінюються під дією різних факторів [61].

Ступінь відповідності фактора кожному показнику оцінюється коефіцієнтом кореляції між ними, який називається навантаженням фактора на показник. Навантаження відображають силу впливу фактора на зміну кожного показника і визначають належність цього показника до відповідної сукупності. Найбільш високі навантаження належать тим показникам, зміну яких можна

пояснити дією даного фактора і відповідно внести ці показники до однієї сукупності [6]. Саме за такими навантаженнями інтерпретується зміст фактора.

Знаки навантажень (плюс або мінус) визначають структуру сукупності ознак, породжених фактором. Відмінність знаків означає зменшення або збільшення долі однієї групи ознак в даній сукупності при збільшенні або зменшенні іншої [61].

Зв'язок факторів з усіма вихідними показниками оцінюється так званими числами кореляційної матриці. Відношення власного числа, що відповідає даному фактору до суми всіх власних чисел кореляційної матриці називають вагою фактора. Вага фактора показує долю повної дисперсії вихідних показників, яка може бути зумовлена дією даного фактору. Тим самим сумарна дисперсія розкладається на дисперсії (ваги), що впливають на відповідні фактори [6, 61].

Для практичної реалізації процедури факторного аналізу було використано результати хімічних аналізів шахтних вод за 12 показниками на 9 шахтах ЧГПР впродовж 2001-2012 рр. Факторний аналіз проведено як в сукупності для усіх шахт, так і для кожної шахти окремо (Додаток Ж).

Проведення процедури факторного аналізу для усієї сукупності шахт дозволило виявити факторну структуру, представлену трьома факторами та 12 характерними показниками формування складу шахтних вод ЧГПР. Показано, що значущість першого фактора у формуванні загальної дисперсії показників становить близько 45%, другого фактору – 12%, на третій припадає 9%. В сумі вага усіх факторів складає 68%.

Найбільш повно в трьох факторах відображені такі показники, як: мінералізація (на 93%), сухий залишок (на 93%), іони натрію і калію (на 88%) і твердість (на 88%), і достатньо високо – хлориди (на 83%), прозорість (на 85%), зважені речовини (на 83%), а слабкіше всього – іони кальцію (на 78%), сульфат-іони (на 75%) і гідрокарбонат-іони (на 76%) [20, 193].

Застосування факторного аналізу дозволило згрупувати компоненти і характеристики складу шахтних вод за ступенем схожості їх змін у часі і

просторі і при цьому зробити висновок про те, як співвідносяться між собою виділені групи змінних величин [134] (табл. 5.8). Також застосування факторного аналізу дозволяє виявити головні фактори формування складу шахтних вод і отримати статистичну оцінку внеску кожного із них у процеси, які вивчаються [112, 178] (табл. 5.9).

Таблиця 5.8

Розподіл компонентів і характеристик в межах впливу факторів

	1 фактор	2 фактор	3 фактор
усі шахтні води	сухий залишок твердість Ca^{2+} $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ SO_4^{2-} Cl^- мінералізація	прозорість зважені речовини	HCO_3^-
1ВМ	сухий залишок $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ мінералізація	твердість Ca^{2+}	прозорість зважені речовини
2ЧГ	сухий залишок $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ Cl^- мінералізація	прозорість зважені речовини SO_4^{2-}	окисність Mg^{2+}
3ВМ	сухий залишок $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ Cl^- мінералізація	прозорість зважені речовини Ca^{2+}	Mg^{2+}
4ВМ	сухий залишок $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ Cl^- мінералізація	прозорість зважені речовини	твердість HCO_3^-
6ВМ	сухий залишок $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ Cl^- мінералізація	прозорість зважені речовини	твердість Ca^{2+} HCO_3^-
7ВМ	сухий залишок твердість $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ Cl^- мінералізація	прозорість зважені речовини	Ca^{2+} Mg^{2+}
8ВМ	сухий залишок $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ Cl^- мінералізація	твердість Ca^{2+}	прозорість зважені речовини
9ВМ	сухий залишок окисність Ca^{2+} $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ Cl^- мінералізація	твердість Mg^{2+} SO_4^{2-}	прозорість зважені речовини
10ВМ	сухий залишок $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ Cl^- мінералізація	прозорість зважені речовини	твердість Mg^{2+}

Необхідно звернути увагу, що у формуванні складу шахтних вод таких шахт як 1ВМ, 8ВМ та 9ВМ третій фактор виходить на друге місце, а відповідно другий фактор на третє місце (табл. 5.9).

Таблиця 5.9

Вага факторів для шахтних вод ЧГПР

вага факторів %	усі шахтні води	1ВМ	2ЧГ	3ВМ	4ВМ	6ВМ	7ВМ	8ВМ	9ВМ	10ВМ
1 фактор	45,68	31,72	36,60	48,82	43,19	38,56	45,53	38,77	47,28	36,81
2 фактор	12,84	20,40	16,10	15,86	18,46	17,85	17,34	17,45	23,93	17,76
3 фактор	9,76	16,43	11,26	11,10	13,84	17,15	12,41	13,98	11,73	14,37

Виявлені в дослідженні фактори були інтерпретовані таким чином:

1) перший фактор $F_1 = \text{с.з., M, Cl}^-, \text{Na}^+ + \text{K}^+$ (ідентифіковані як геологічний фактор) контролює вміст Cl^- , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ і таких характеристик як мінералізація і сухий залишок; він характеризує формування складу шахтних вод за рахунок поступлення мінералізованих підземних вод нижньої частини серпухівського яруса (лишнянська та іваницька світи) кам'яновугільного водоносного комплексу (води хлоридно натрієві; літологічний склад порід представлений морськими фаціями, серед яких значне місце займають вапняки);

2) другий фактор $F_2 = \frac{\text{зважені речовини}}{\text{прозорість}}$ (ідентифікований як технологічний фактор) відрізняється впливом технологічної діяльності, а саме збільшенням протяжності гірничих виробок і поверхні порід, внаслідок чого відбувається збагачення шахтних вод продуктами руйнування гірських порід і вугілля, які є джерелом поступлення зважених речовин в шахтні води; відповідно цей фактор контролює вміст таких характеристик як прозорість і зважені речовини;

3) третій фактор $F_3 = \frac{\text{твердість, } \text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}}{\text{HCO}_3^{2-}}$ (ідентифікований як тектонічний фактор) контролює вміст Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- і таких характеристик

як твердість; характеризує формування шахтних вод внаслідок змішування підземних вод верхньої крейди з підземними водами лишнянської та іваницької світ і їх опріснення.

Для визначення напряму зміни впливу факторів на розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод побудовані карти зміни ваги (впливу) факторів (рис. 5.7-5.9). Ці карти будується по значенню ваги фактора по кожній шахті (табл. 5.9).

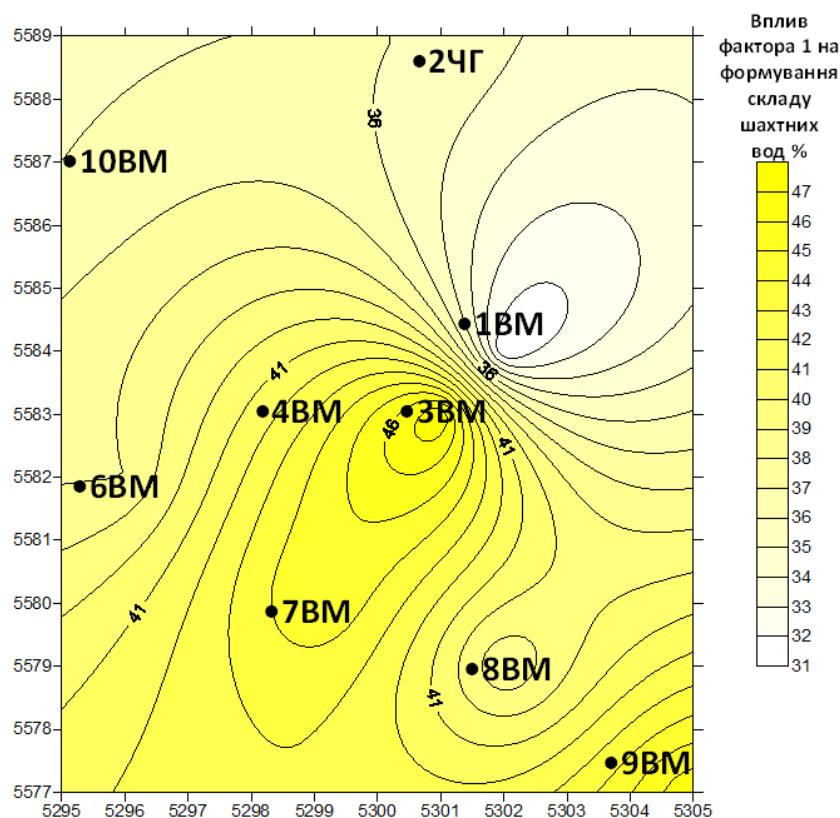


Рис. 5.7. Вплив першого фактора на формування складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

На карті зміни впливу першого фактора на формування складу шахтних вод (рис. 5.7) видно, що вплив першого фактора значно збільшується в районі таких шахт – 3ВМ, 4ВМ, 7ВМ, 9ВМ і слабшає в районі таких шахт – 1ВМ, 2ЧГ, 6ВМ, 8ВМ, 10ВМ.

На карті зміни впливу третього фактора на формування складу шахтних вод (рис. 5.8) видно, що вплив третього фактора збільшується в районі таких

шахт – 1ВМ, 6ВМ, 8ВМ, 9ВМ і слабшає в районі таких шахт – 2ЧГ, 3ВМ, 4ВМ, 7ВМ, 10ВМ.

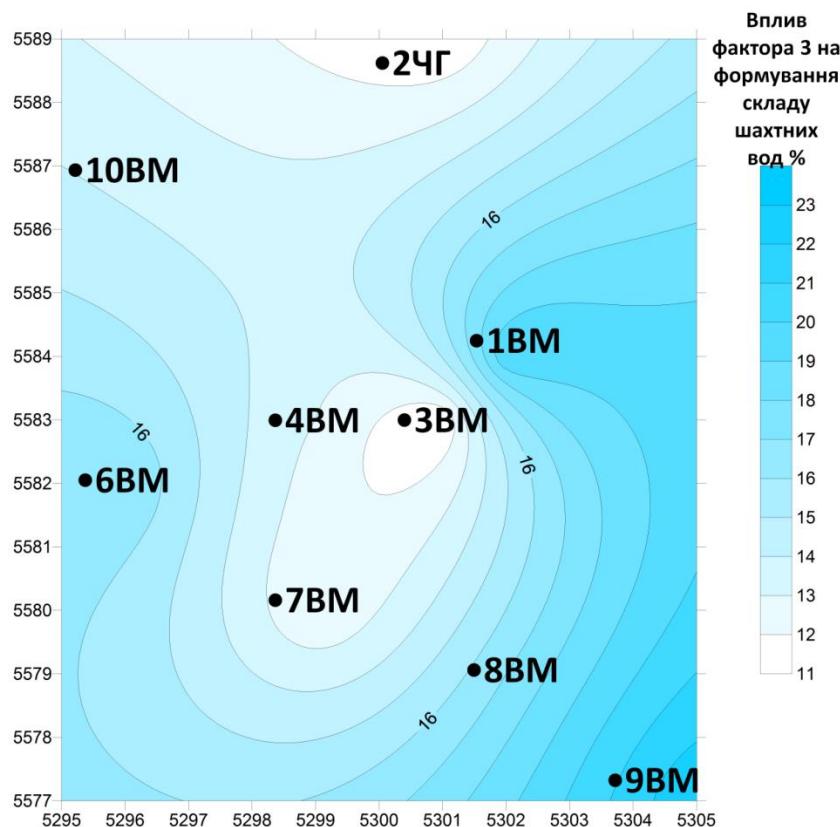


Рис.5.8. Вплив третього фактора на формування складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

На карті зміни впливу другого фактора на формування складу шахтних вод (рис. 5.9) видно, що збільшення впливу цього фактора відбувається в північно-західному напрямку. Необхідно звернути увагу, що і в цьому напрямку відбувається збільшення глибини шахт (рис. 5.10). Відповідно до цього можна зробити висновок, що чим більша глибина видобутку вугілля тим більший вплив має технологічний фактор, і тим більше зважених речовин попадає в шахтні води.

Отримані результати вказують на різні чинники формування складу шахтних вод – геологічні, тектонічні та технологічні – домінуючими з яких є склад води, що надходить з різних водоносних горизонтів та тектонічні особливості території.

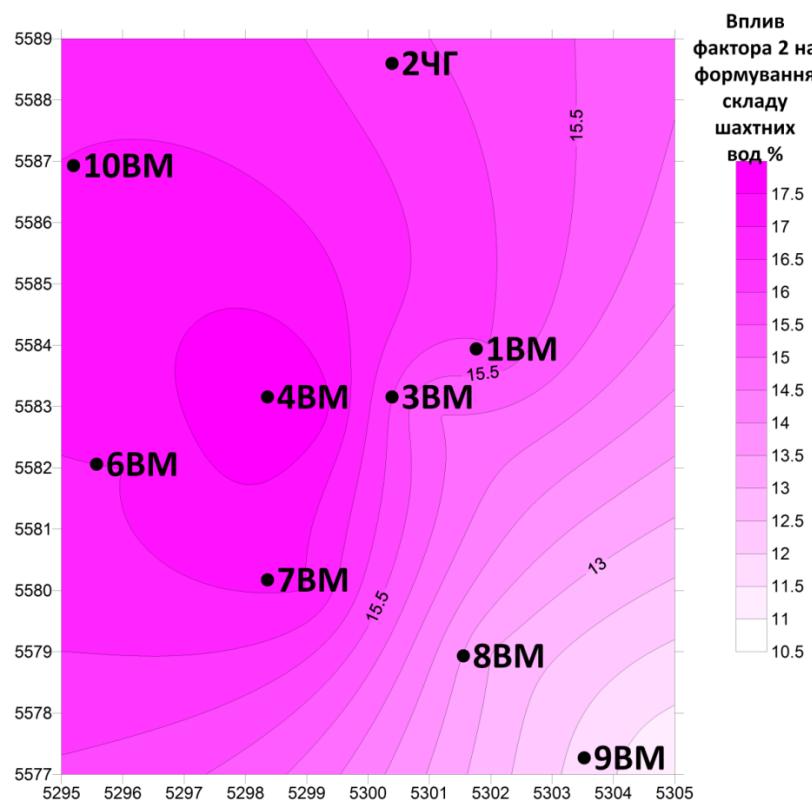


Рис. 5.9. Вплив другого фактора на формування складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

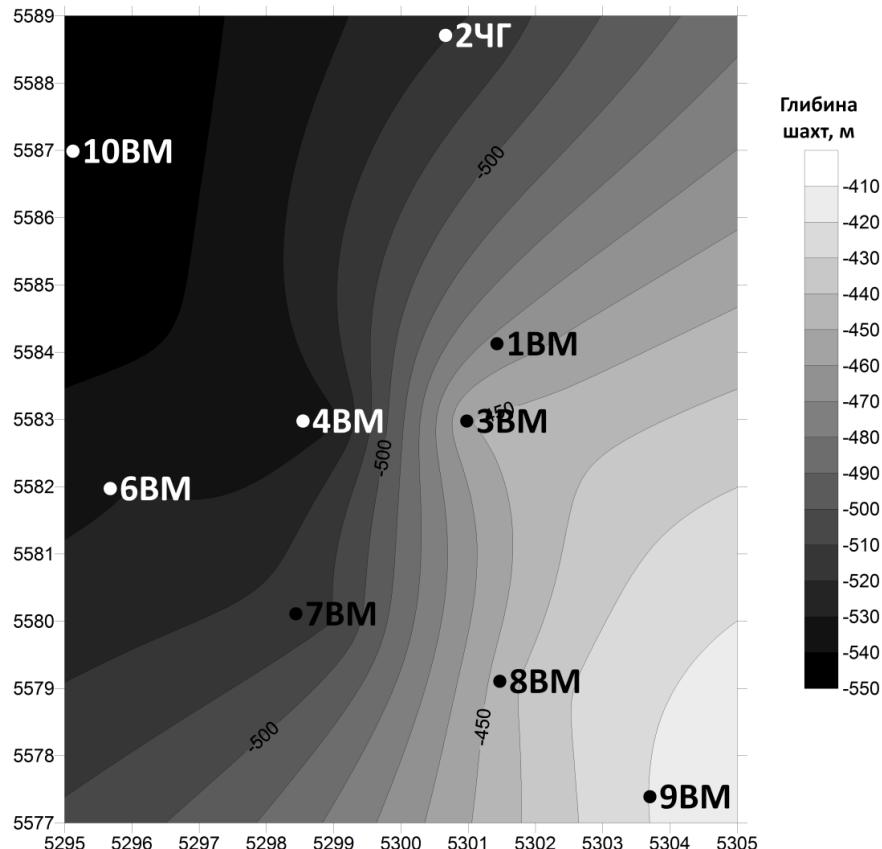


Рис. 5.10. Карта зміни глибини шахт Червоноградського гірничопромислового району

Як уже зазначалося, в умовах Червоноградського гірничопромислового району на сучасному етапі вуглевидобутку формування шахтних вод відбувається за рахунок змішування мінералізованих вод нижньої частини серпухівського яруса (лишнянської та іваницької світ) та прісних вод верхньої крейди (сенонського водоносного комплексу). Аналізуючи вищеперелічене у п'ятому розділі, можна встановити джерела надходження кожного з головних компонентів в шахтні води.

Іони $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Cl^- поступають у шахтні води з підземних вод лишнянської та іваницької світ кам'яновугільного водоносного комплексу. Ці підземні води є похованими седиментаційними водами, які виникли в осадках морських басейнів, що з часом зазнали значних змін свого складу. Отже, джерелом $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Cl^- є води морського походження.

Іони Ca^{2+} , Mg^{2+} та HCO_3^{2-} поступають у шахтні води внаслідок змішування підземних вод верхньої крейди та лишнянської та іваницької світ. Головними джерелами надходження іонів кальцію і магнію та гідрокарбонат іонів є процеси хімічного вивітрювання і розчинення карбонатних порід (вапняків, мергелів, доломітизованих мергелів, доломітів), якими складена вся товща верхньокрейдових відкладів та які займають значне місце у породах лишнянської та іваницької світ.

Іони SO_4^{2-} поступають у шахтні води району дослідження внаслідок окислення порід, що містить сульфіди (пірит) (вугілля, аргіліти) і сірку (вугілля). Збільшення вмісту сульфатів відбувається внаслідок збільшення протяжності гірничих виробок і поверхні порід, що піддаються окисненню.

Отже, врахувавши результати дослідження шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району наведені в четвертому розділі даної роботи і вищеописаний матеріал узагальнено висновки, що склад і властивості цих вод формуються під впливом наступних чинників (рис. 5.11):

- 1) кліматичних;
- 2) геологічних (хімічний і мінералогічний склад вміщуючих порід);

- 3) гідрогеологічних (ступінь обводнення виробки, хімічний склад вихідних підземних вод);
- 4) тектонічних (наявність обводнених розривних порушень здатних гіdraulічно зв'язувати підземні води різних гідрохімічних зон);
- 5) антропогенних чинників (глибина ведення гірничих робіт, спосіб руйнування порід, протяжність виробки, спосіб транспортування гірничої маси).



Рис. 5.11. Чинники формування складу шахтних вод
Червоноградського гірничопромислового району

Отже, розподіл шахтних вод зумовлений геологічною будовою, гідрогеологічними умовами і тектонічними особливостями території, а також сукупністю основних природних чинників, які визначають закономірності формування, розподіл і склад цих вод.

РОЗДІЛ 6

НАПРЯМКИ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ШАХТНИХ ВОД ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ НА ДОВКІЛЛЯ

6.1. Вплив шахтних вод на довкілля

Екологічні проблеми є дуже гострими у всіх гірничодобувних регіонах, проте для Львівсько-Волинського басейну вони набули масштабного характеру. Біля 80% техногенного навантаження Червоноградського гірничопромислового району лягло на невелику його частину – межиріччя р. Рати і р. Зах.Буг. Тут розташовані 9 вугільних шахт, основний відстійник шахтних вод, побудовано Центральну збагачувальну фабрику [38].

Однією з найбільш серйозних і складних екологічних проблем є значні обсяги скидання шахтних вод, що подаються з шахт на поверхню і знижують екологічний стан регіону. Середньорічні загальношахтні притоки води в шахти ЧГПР становлять 30-138 м³/год.

Підземна вода, яка поступила в гірничі виробки, відводиться через систему водозбірних канав і труб в центральні водозбірники. Із центральних водозбірників вода видається на поверхню насосними установками через шахтні стволи [60]. Далі через систему шахтного водовідливу на поверхні ці води збираються в ставках-накопичувачах, які відіграють роль відстійників, і під час повеней частково потрапляють у р. Західний Буг [137], хоча при цьому не завжди досягається ГДК по основних забруднюючих компонентах [81].

По ступеню впливу шахтних вод на навколишнє середовище на перше місце необхідно поставити дію на геологічне середовище, в тому числі на підземні та поверхневі води; на друге – на земну поверхню і геохімічні ландшафти; на третє – на ґрунти, біоту і атмосферу [84, 133] (рис. 6.1).

Видобуток кам'яного вугілля є могутнім чинником у зміні будови, властивостей і складу геологічного середовища, викликаючи при цьому глибокі зміни гідрогеохімічного режиму підземних вод [114]. А відкачка великих об'ємів підземних вод приводить до негативних змін гідрогеологічних і ландшафтних умов [81].

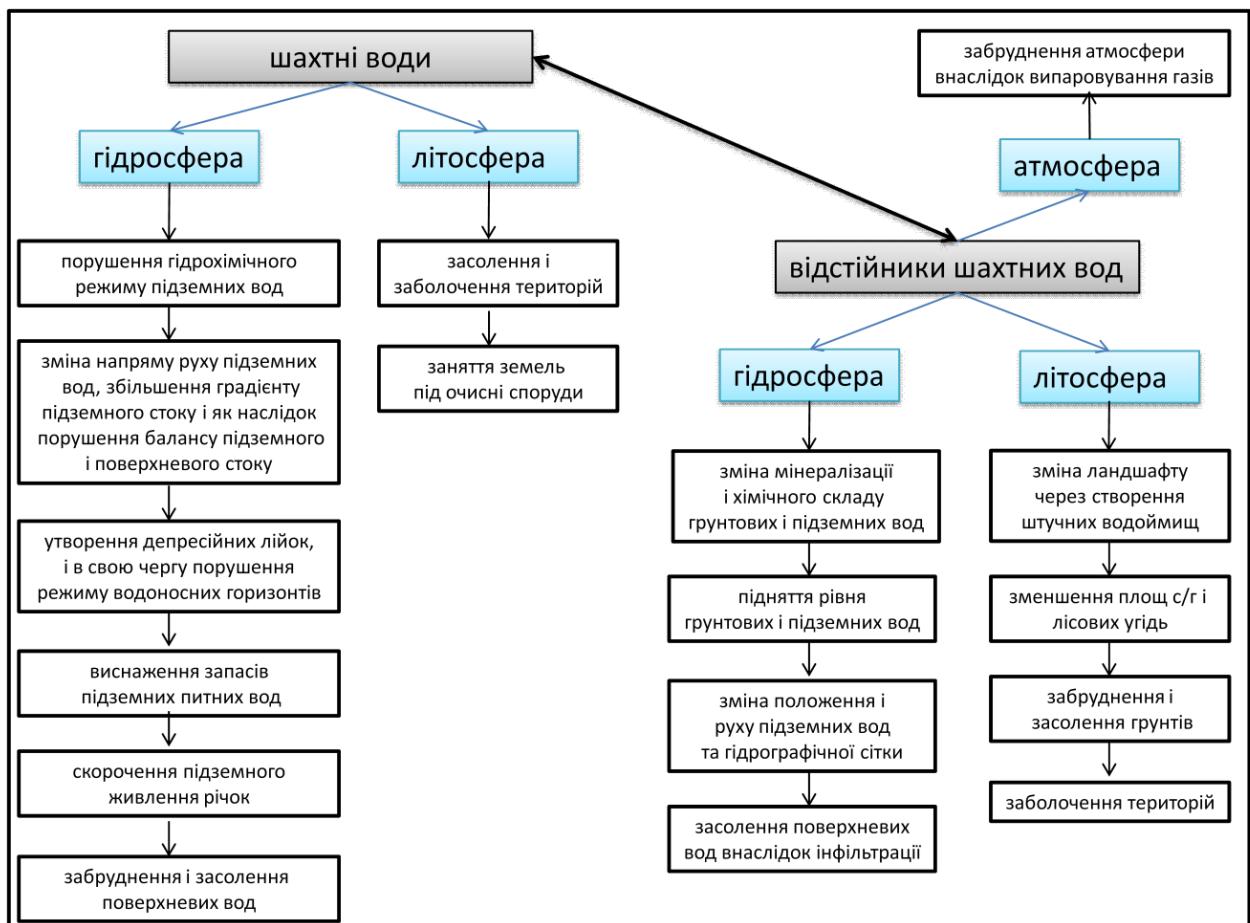


Рис. 6.1. Вплив шахтних вод на навколошнє середовище

Значною проблемою є обводнення копалень, що утруднює видобуток вугілля і завдає значної шкоди довкіллю, оскільки вода, яку відпомповують з копальні, забруднена. Це ускладнює ведення гірничих робіт, призводить до забруднення поверхневих і підземних вод. Великої шкоди завдають води, які прориваються з верхніх водоносних горизонтів або з відкритих водойм.

Водовідливи із вугільних копалень вичерпують запаси підземних вод, загрожують їхньому забрудненню, зумовлюють погіршення умов водопостачання населених пунктів у районі басейну.

Унаслідок шахтного водовідливу з'являються нові техногенні області розвантаження, змінюється напрямок руху підземних вод, збільшується градієнт підземного стоку, порушується загальний баланс підземного і поверхневого стоку [42].

На особливу увагу заслуговують питання, пов'язані з фільтрацією вод шахтного водовідливу в ґрунти, водоносні горизонти та річкову систему. Це стосується й атмосферних опадів, які промивають породні відвали. Негативний вплив цих чинників на довкілля значний. Як засвідчили підрахунки, з одного породного відувалу дощовий стік вимиває за рік близько 410 т завислих речовин і до 8 т солей.

Шахтні води є головним джерелом забруднення поверхневих вод. Вони мають високу мінералізацію. Відпомповувані з гірничих виробок ці води збираються в ставках-накопичувачах і під час повеней частково потрапляють у р. Західний Буг. У цьому випадку мінералізація води в річці (на межі Львівської і Волинської областей) збільшується з 394-400 до 634 мг/дм³.

Крім того, у шахтних водах значний вміст завислих частинок, низька прозорість та великий вміст хлоридів [118]. Потрапляючи в річкову систему, ці води збільшують мінералізацію річкової води, порушують її кисневий режим і погіршують санітарний стан природного середовища [103]. А також їх скидання в наземну гідрографічну мережу викликає відчутне замулення, засолення та закислення водойм і водотоків, порушуючи тим самим екологічну рівновагу у водних об'єктах вугільних басейнів.

У зоні впливу гірничих робіт на території Червоноградського гірничопромислового району є два водоносні горизонти: у верхньокрейдових (сенонських) і нижньокам'яновугільних відкладах. Водоносний горизонт у сенонських відкладах зазнає подвійного впливу: з боку водозабірних споруд (води горизонту є головним джерелом питного водопостачання в районі) і з

боку шахтного водовідливу (водоносний горизонт розміщений у зоні ведення гірничих робіт і є джерелом формування шахтних водопритоків).

Отже, водоносні горизонти зазнають інтенсивного техногенного впливу, спричиненого розробкою вугільних пластів [117]. Штучний режим верхньокрейдового водоносного горизонту визначений, головно, техногенним навантаженням, пов'язаним з відбором води через головні водозабори (50 тис. м³/добу). Що стосується штучного режиму водоносного горизонту вуглевмісної товщі, то різкі зміни п'єзометричної поверхні й значні зниження рівнів (300-500 м), обширні депресійні лійки, перепад рівнів на ділянках, розділених площинами тектонічних порушень, різне підвищення рівнів розмежованих водоносних горизонтів по вертикалі свідчать про складний розподіл у водоносному комплексі нижньокам'яновугільних покладів.

Активізація гірничих робіт призвела до утворення в продуктивній товщі нижнього карбону штучних базисів стоку, якими стали гірничі виробки. В результаті цього припинилося перетікання вод із карбону у верстви, що залягають вище, у межах шахтних полів. Вугільні пласти, пісковики і вапняки карбону стали шляхами інтенсивного низхідного перетікання вод верхніх горизонтів. Шахтний водовідлив призводить до зниження висхідного перетікання підземних вод кам'яновугільних відкладів у вищі водоносні горизонти і, навпаки, зумовлює посилення низхідної фільтрації, пов'язаної з розвитком депресійних лійок на шахтних полях. Дренувальний вплив гірничих виробок спричинює розвиток глибоких і просторих за площею депресійних лійок у водоносному комплексі нижньокам'яновугільних покладів, зменшуючи цим висхідну фільтрацію підземних вод у районі рік і балок, залишаючи її практично незмінною на ділянках, близьких до Західного Бугу.

Відбір води водозабірними спорудами з водоносного горизонту верхньокрейдових (сенонських) відкладів призводить до утворення депресійних лійок розміром 6×6 км і глибиною 27-29 м. Унаслідок цього ріки Західний Буг, Солокія перетворюються в зоні впливу водозaborів з ділянок розвантаження у ділянки живлення підземних вод.

Серйозний вплив на зміну гідрогеологічних умов території чинять водосховища – накопичувачі шахтних вод. Вони є одним із основних джерел забруднення ґрунтів мікроелементами, засолення хлорид-іонами і сульфат-іонами, а також зміни pH у бік зменшення [107]. Ці води також вміщують сірку і важкі метали, що є активними джерелами надходження сульфатів у ґрунти. При цьому варто враховувати додаткове навантаження - це вивіз порід териконів у балочно-яружну мережу, тобто область формування природних вод [107].

Крім того, наявність ставків-накопичувачів, хвостосховищ і водосховищ різного масштабу і інших об'єктів інфільтраційного живлення підземних вод сприяє підйому рівнів ґрутових вод і розвитку підтоплення [180].

Шахтні води скидаються у ставки з повністю фільтруючим ложем без будь-якої демінералізації. Такі води фільтруються через дно ставків-накопичувачів, надходять у ґрунти і водоносні горизонти, що призводить до їх інтенсивного засолення.

Техногенний вплив на довкілля здійснюється і через випаровування із поверхні накопичувачів стічних вод.

Видобування вугілля у великих масштабах викликає серйозні порушення природних ландшафтів та вилучає з господарського обороту цінні сільськогосподарські, лісогосподарські та рекреаційні землі, зменшує території, що можуть використовуватись під будівництво житла, підприємств, транспортних шляхів тощо [75].

Під час підземних гірничих розробок вугілля виникають осідання поверхні [67], обвали в копальнях, розриви, лійки, а на великих глибинах – удари, викиди, набухання порід. На території Червоноградського гірничопромислового району осіданням земної поверхні охоплені значні площи – десятки квадратних кілометрів. Осідання зумовлює підтоплення й заболочування багатьох ділянок поверхні землі [39], призводить до втрати земельних угідь і лісових насаджень, завдаючи значної шкоди сільському господарству, промисловим об'єктам. Загальна площа, охоплена осіданням у

межах шахтних полів Червоноградського гірничопромислового району, сягає понад 60 км^2 за глибини осідання поверхні від 0,80 до 3,50 м.

Втягування в зону обвалювання всієї покривної товщі сприяє проникненню в гірничі виробки підземних вод, збільшує шахтні притоки води, перенасичує водою вуглевмісні породи, що знижує їхні міцнісні властивості та стійкість у гірничих виробках.

Отже, видобуток вугілля у Червоноградському гірничопромисловому районі створив складну еколого-геологічну ситуацію в районі. Постійне техногенне навантаження на геологічне середовище потребує досконаліших природоохоронних робіт, а також оптимальних методів одержання якісної об'єктивної інформації про зміни, що відбуваються в ньому.

6.2. Оцінка екологічної безпеки відстійних очисних споруд шахтних вод

Підземна вода, яка поступила в гірничі виробки, відводиться через систему водозбірних канав і труб в центральні водозбірники (рис. 6.2-6.3).

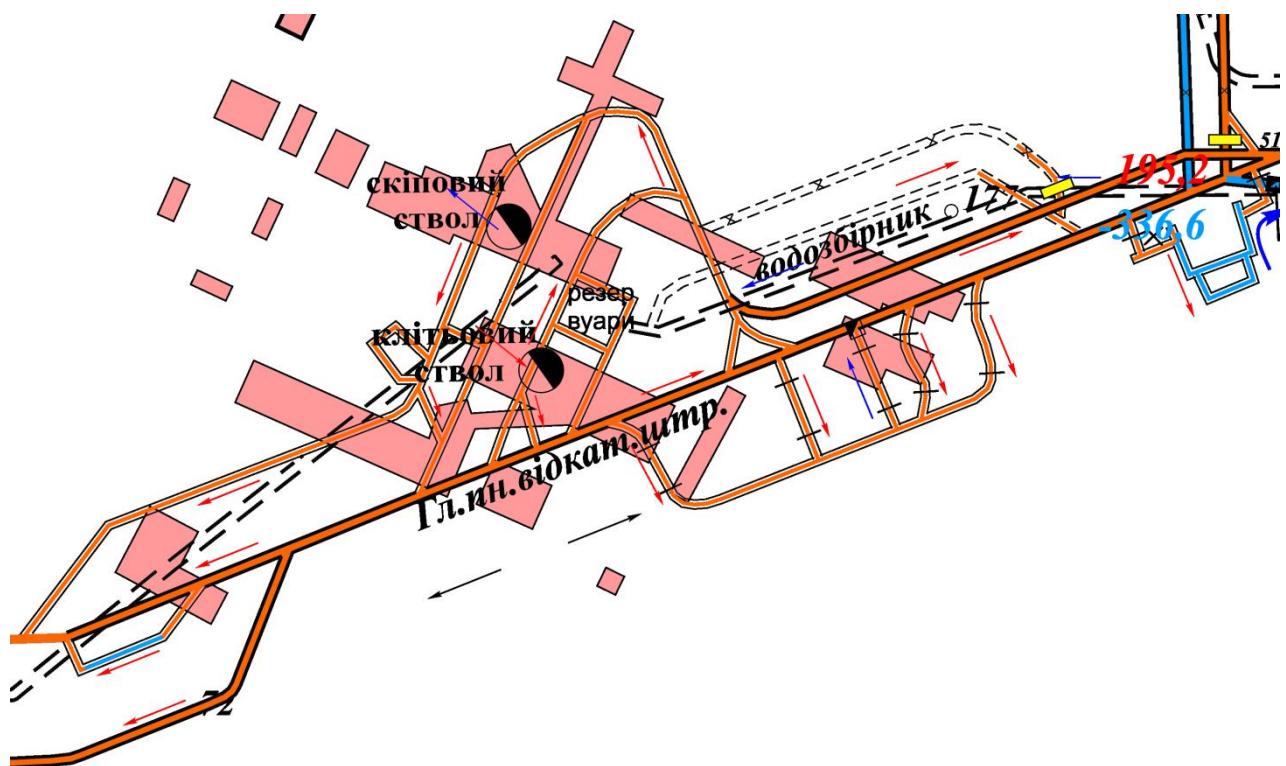


Рис. 6.2. Схема розташування центрального водозбірника та резервуара шахтних вод у шахтах Червоноградського гірничопромислового району (модифіковано автором за результатами звітних матеріалів шахти «Межирічанська»)



Рис. 6.3. Відкачка шахтної води до центрального водозбірника на шахтах Червоноградського гірничопромислового району

Шахтні води, стікаючи по відпрацьованому просторі, збагачуються розчинами мінерального і механічного походження та завислими речовинами. Завислі речовини утворюються і надходять до води внаслідок руйнування гірського масиву. Відповідно усі ці речовини поступають у центральні водозбірники з шахтними водами. Після відстоювання шахтної води у водозбірниках залишаються відходи – вугільні шлами, які накопичуються у центральних водозбірниках, а освітлена шахтна вода поступає у резервуари.

Автором відібрані проби вугільного шламу з центрального водозбірника однієї з шахт (З ВМ) Червоноградського гірничопромислового району (рис.6.4–6.5). На 77 % шлам складається з дрібних часток вугілля. Решта 23% становить мінеральна частина. Мінеральний склад визначався за допомогою імерсійного методу та методу порошкової рентгенівської дифрактометрії. Визначено, що мінеральна частина шламу з центрального водозбірника представлена – кварцом (d_a - 4,26; 3,343; 2,458; 2,282; 2,12; 1,817; 1,672; 1,541), піритом (d_a -

2,696; 1,629), серицитом (d_a - 4,97; 3,87; 2,85; 1,991; 1,66), каолінітом (d_a - 7,14; 3,57; 2,55), альбітом (d_a - 3,21; 2,955).



Рис. 6.4. Центральний водозбірник шахти «Межирічанська» Червоноградського гірничопромислового району



Рис. 6.5. Вугільний шлам центрального водозбірника шахти «Межирічанська» Червоноградського гірничопромислового району

З резервуарів шахтна вода видається на поверхню насосними установками через шахтні стволи [60]. Далі через систему шахтного водовідливу на поверхні ці води збираються в ставках-накопичувачах, які відіграють роль відстійників і під час повеней частково потрапляють у р. Західний Буг [137].

В ставках-накопичувачах (відстійниках) відбувається очистка шахтних вод від зважених речовин з доведенням вмісту останніх до потрібної концентрації 10-25 мг/дм³. Ці ж ставки використовуються для чистки і доведення вмісту шкідливих мікроелементів до нормативного. Однак відстійники не завжди дають потрібний результат, оскільки експлуатуються впродовж десятиліть, потребують реконструкції для запобігання фільтрації з них неочищених вод (діючі відстійники не мають протифільтраційних екранів) і для забезпечення ефективності очистки шахтних вод. Внаслідок цього практично всі об'єми скиду шахтних вод відноситься до категорії недостатньо очищених.

У Червоноградському гірничопромисловому районі споруджено два відстійники шахтних вод: у с. Городище і у м. Червоноград (рис. 6.6-6.7). Відстійник введені в експлуатацію в 1970 р. Відстійник с. Городище обслуговує шахти великомостівської групи (1ВМ, 3ВМ, 4ВМ, 6ВМ, 7ВМ, 8ВМ, 9ВМ, 10ВМ); у відстійник м. Червоноград здійснюється скид шахтних вод шахт 2ЧГ і 1ЧГ (закрита в 1995 р.). Відстійники являють собою штучні водойми видовженої секторної форми глибиною 6-12 метрів і загальним максимальним об'ємом – 1237 тис. м³ (об'єм відстійника м. Червоноград – 700 тис. м³, об'єм відстійника с. Городище – 537 тис. м³). Обидва відстійники складені двома секціями. У відстійнику с. Городище друга секція на даний момент уже неробоча.

Скид шахтних вод з відстійників без належного очищення може призвести до забруднення р. Західний Буг. Для цього нами проведена оцінка ефективності відстійних очисних споруд, які діють в Червоноградському гірничопромисловому районі.



Рис. 6.6. Відстійник шахтних вод у м. Червоноград



Рис. 6.7. Відстійник шахтних вод у с. Городище

Оцінка технологічної ефективності роботи споруд потрібна для організації раціональної експлуатації споруд. В залежності від того, яка кількість забруднюючої речовини видаляється очисною спорудою, визначається ефективність очистки. Це один з важливіших показників роботи очисних споруд. Розраховується вона так:

$$\text{Ефективність по показнику} = \frac{\text{вміст на вході} - \text{вміст на виході}}{\text{вміст на вході}} \times 100\%$$

Нами проаналізована ефективність по 12 показниках шахтних вод для відстійників м. Червоноград і с. Городище впродовж 2002-2009 рр. (табл. 6.1-6.2).

Таблиця 6.1

Оцінка ефективності очистки шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району у відстійниках с. Городище і м. Червоноград

Забруднюючі речовини	Фактичний вміст у шахтних водах, які поступають у відстійник с. Городище	Характеристика шахтних вод після очистки (відстійник с. Городище)	Ефективність очистки шахтних вод у відстійнику с. Городище	Фактичний вміст у шахтних водах, які поступають у відстійник м. Червоноград	Характеристика шахтних вод після очистки (відстійник м. Червоноград)	Ефективність очистки шахтних вод у відстійнику м. Червоноград
Прозорість, см	12,36	17,72	-43	14,72	18,00	-22
Зважені речовини, мг/дм ³	120,16	34,10	72	224,39	30,57	86
pH	7,71	8,38	-9	8,01	8,67	-8
Оксисність, мгО/дм ³	5,40	5,08	6	4,97	4,87	2
Сухий залишок, мг/дм ³	5477,79	3805,82	31	2746,06	3552,84	-29
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	588,65	457,09	22	836,87	622,57	26
Cl ⁻ , мг/дм ³	2197,57	1498,63	32	928,44	1446,60	-56
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	949,00	600,56	37	245,38	434,31	-77
Ca ²⁺ , мг/дм ³	180,80	77,79	57	50,32	59,06	-17
Mg ²⁺ , мг/дм ³	84,29	61,98	26	61,90	53,14	14
Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	1729,90	1223,88	29	859,24	1211,12	-41
M, мг/дм ³	5723,16	3919,93	32	2982,15	3826,80	-28

У відстійнику с. Городище досягається наступна ефективність очистки шахтних вод: від зважених речовин – на 72 %, відповідно прозорість збільшується на 43 %, іонів кальцію – 57 %, сульфат іонів – 37 %, хло-іонів, мінералізації, сухого залишку – 32 %, іонів натрію і калію – 29 %, іонів магнію – 26 %, гідрокарбонат-іонів – 22 %, органічних речовин по окисності на 6 %, при цьому pH збільшується на 9 %.

Таблиця 6.2

**Ефективність очистки шахтних вод Червоноградського
гірничопромислового району у відстійниках с. Городище і м. Червоноград**

Забруднюючі речовини	Ефективність очистки шахтних вод у відстійнику с. Городище	Ефективність очистки шахтних вод у відстійнику м. Червоноград
Прозорість, см	-43	-22
Зважені речовини, мг/дм ³	72	86
pH	-9	-8
Окисність, мгО/дм ³	6	2
Сухий залишок, мг/дм ³	31	-29
HCO_3^- , мг/дм ³	22	26
Cl^- , мг/дм ³	32	-56
SO_4^{2-} , мг/дм ³	37	-77
Ca^{2+} , мг/дм ³	57	-17
Mg^{2+} , мг/дм ³	26	14
Na^++K^+ , мг/дм ³	29	-41
M, мг/дм ³	32	-28

У відстійнику м. Червоноград досягається наступна ефективність очистки шахтних вод: від зважених речовин – на 88 %, відповідно прозорість збільшується на 22 %, гідрокарбонат-іонів – 26 %, іонів магнію – 14 %, органічних речовин по окисності на 2 %, при цьому pH збільшується на 8 %. Вміст мінералізації та сухого залишку збільшується на 29 %, іонів кальцію – 17 %, хлор-іонів – 56 %, іонів натрію і калію – 41 %, а вміст сульфат іонів на 77 %. Ситуація по збільшенню вмісту деяких компонентів у відстійнику м. Червонограда, можливо, зв'язано з наявністю у відстійнику шахтних вод 1ЧГ (закрита). Шахтні води 1 ЧГ – хлоридно натрієві (Cl^- - 2000 мг/дм³, Na^++K^+ - 1600 мг/дм³) з мінералізацією – 5300 мг/дм³. При поступленні менш мінералізованих шахтних вод 2ЧГ у відстійник відбувається процес розбавлення мінералізованих вод 1ЧГ, і як результат – показники вмісту

основних макрокомпонентів у відстійнику м. Червонограда більші за ці ж показники у шахтних вод 2ЧГ.

Для оцінювання природних вод існують певні показники, головними серед яких є гігієнічні ГДК (гранично допустимі концентрації) їх дотримання забезпечує нормальний стан здоров'я населення і сприятливі умови для санітарно-побутового використання. Ступінь очищення з окремих забруднюючих компонентів шахтних вод не відповідає нормативним показникам, тому що на цих об'єктах використовується застарілі конструкції. У шахтних водах після очистки у відстійниках перевищення нормативних показників встановлено по наступних показниках: мінералізація, зважені речовини, $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Mg^{2+} , Cl^- і SO_4^{2-} (рис. 6.8) [28, 194].

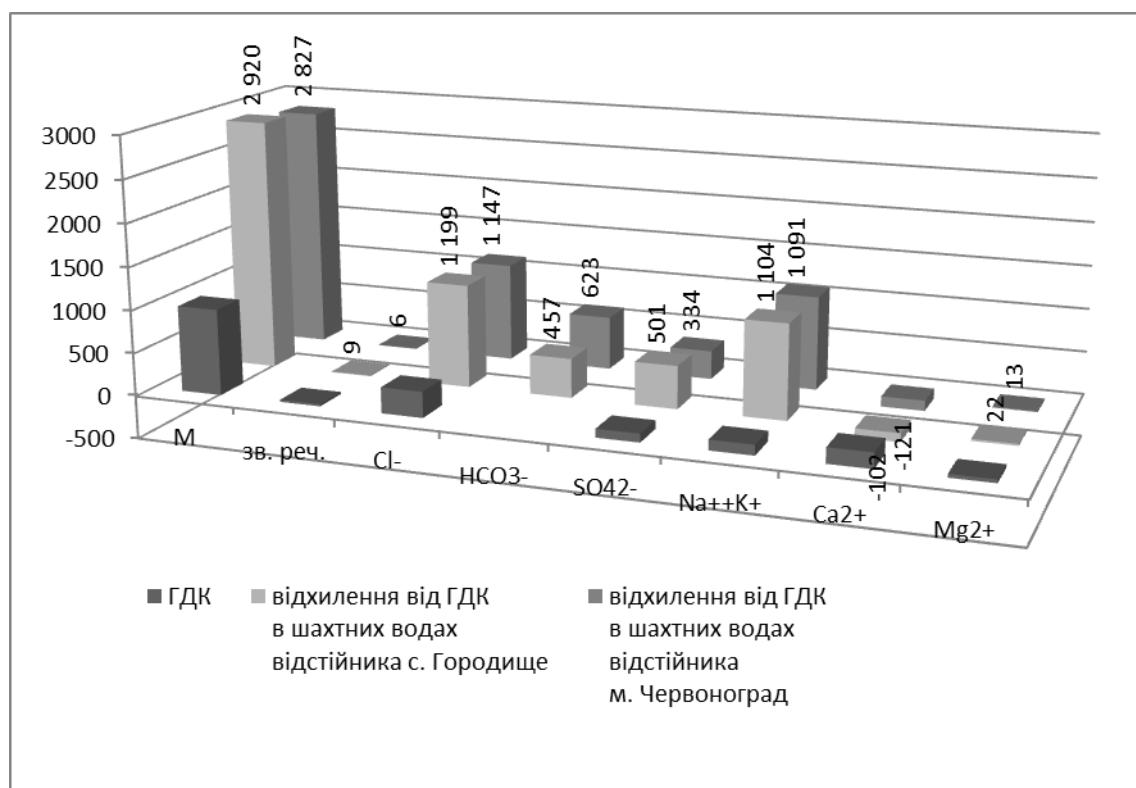


Рис. 6.8. Відхилення концентрацій макрокомпонентів в шахтних водах відстійників району досліджень від ГДК

Встановлено, що у відстійнику с. Городище відбувається часткове очищення шахтних вод і на виході перевищення нормативних показників встановлено по мінералізація, зваженим речовинам, $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Mg^{2+} , Cl^- і SO_4^{2-} . У

відстійнику м. Червоноград відбувається розбавлення мінералізованих вод 1ЧГ шахтними водами 2ЧГ.

Відповідно для ефективної роботи очисних споруд і дотримання встановлених нормативів необхідна реконструкція діючих або будівництво нових очисних споруд на основі сучасних технологій, на що потрібні відповідні інвестиції.

6.3. Гідрохімічна модель скиду шахтних вод в басейн р. Західний Буг

Довготривала розробка природних копалин вугілля у Червоноградському гірничопромисловому районі не могла не вплинути на гідрогеологічні умови даного району. Для дотримання технології видобутку вугілля у шахтах проводять постійну відкачку шахтних вод із наступним їх скидом у басейн р. Західний Буг. Обсяги скиду мінералізованих шахтних вод у поверхневі водні об'єкти становлять близько 4,8 млн. м³. Актуальність даного розділу полягає в необхідності розробити можливі безпечні з екологічної точки зору варіанти скиду шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району.

У даний час процес шахтного водовідливу Червоноградського гірничопромислового району протікає наступним чином: шахтні води надходять у ставки-накопичувачі (с. Городище і м. Червоноград) і після відстоювання протягом осінньо-зимового сезону в весняний період скидаються в р. Західний Буг. Рівень мінералізації у скидах різних шахт коливається, але безпосередньо у Західний Буг шахтні води потрапляють після змішування у відстійниках. За рахунок змішування та часткового відстоювання в відстійниках безпосередньо в р. Західний Буг з накопичувачів в с. Городище і в м. Червоноград скидаються води з мінералізацією – 3,8-4 г/дм³ (табл. 6.3).

Для з'ясування варіантів скиду шахтних вод і питання геоекологічних наслідків таких скидів нами було проведено гідрохімічне моделювання процесів змішування шахтних вод з відстійників Червоноградського гірничопромислового району водами річки Західний Буг.

Для проведення гідрохімічного моделювання використовували дані про хімічний склад і витрати води річки Західний Буг у різні сезони (табл. 6.4-6.5) [45, 52, 101].

Таблиця 6.3

Мінералізація води та концентрація головних іонів у відстійниках шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району, мг/дм³

	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	M
Відстійник с. Городище	457	601	1499	78	62	1224	3920
Відстійник м. Червоноград	623	434	1446	59	53	1211	3827

Таблиця 6.4

Мінералізація води та концентрація головних іонів у воді р. Західний Буг, мг/дм³ [45, 52, 101]

Річка	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	M
<i>Весняна повінь</i>							
Західний Буг	273	50	52	90	13	22	499
<i>Літньо-осіння межень</i>							
Західний Буг	283	52	53	93	16	34	530
<i>Зимова межень</i>							
Західний Буг	300	60	59	105	17	40	581

Таблиця 6.5

Витрати води річки Західний Буг протягом року, м³/с [45, 52, 101]

Річка	Весняна повінь	Літньо-осіння межень	Зимова межень
Західний Буг	16	10	11

Проведене гідрохімічне моделювання, що ґрунтуються на закономірностях змішування вод різного складу, встановлених А. Н. Огільві та Н. А. Огільві, які виражаються формулою Огільві:

$$C = \frac{C_1 M_1 + C_2 M_2}{M_1 + M_2}$$

де C_1 – концентрація досліджуваного компонента в об’ємі води M_1 ;

C_2 – концентрація досліджуваного компонента в об’ємі води M_2 ;

C – концентрація досліджуваного компонента в суміші.

Необхідно враховувати, що формула Огільві є достовірною за умов відсутності процесів сульфат – редукції, випадання мінерального осаду, сорбції, дегазації та ін. Але незважаючи на це, дана модель дозволяє виявити закономірності еволюції складу вод [59, 92, 93].

У даний час можлива реалізація декількох варіантів випуску мінералізованих вод ставків-накопичувачів. Основними з них сьогодні є рівномірні і залпові скиди. Дані варіанти розглянемо детальніше.

6.3.1. Модель рівномірного скиду шахтних вод з відстійника с. Городище

Загальний об’єм шахтних вод, який поступає у відстійник с. Городище з шахт великомостівської групи за рік становить – 4,2 млн. m^3 . Відповідно цю ж кількість вод необхідно скинути в річку Західний Буг. Провівши математичні обрахунки встановлено, що при здійсненні рівномірного скиду цілодобово впродовж року - з даного відстійника необхідно скидати по $0,14 m^3$ шахтних вод щосекунди.

Нами проведене моделювання змішування шахтних вод з річковими водами в різні періоди року, так як сучасний гідрохімічний режим р. Західний Буг за головними іонами та мінералізацією має чітко виражений сезонний характер. Вихідні дані для моделювання містяться у табл. 6.3-6.5. Результати моделювання наведені у табл. 6.6-6.8.

Таблиця 6.6

Результати гідрохімічного моделювання макрокомпонентного складу та мінералізації за умови змішування шахтних вод з відстійника с. Городище з водами р. Західний Буг у період весняної повені при рівномірному скиді

Вміст, мг/дм ³	M	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ²⁺	SO ₄ ²⁺	Формула Курлова
річкові води весняна повінь	499	22	90	13	52	273	50	$\frac{HCO_364 Cl21 SO_415}{Ca68 Mg17 Na15}$
0,14:16	528,67	32,43	89,9	13,43	64,55	274,6	54,78	$\frac{HCO_360 Cl24 SO_415}{Ca64 Na20 Mg16}$
1,1:16	719,06	99,32	89,23	16,15	145,08	284,84	85,44	$\frac{HCO_344 Cl39 SO_417}{Ca44 Na43 Mg13}$
1,15:16	728,4	102,6	89,2	16,29	149,03	285,34	86,95	$\frac{HCO_344 Cl39 SO_417}{Na43 Ca43 Mg13}$
1,55:16	801,14	128,16	88,94	17,33	179,8	289,25	98,66	$\frac{Cl43 HCO_340 SO_417}{Na49 Ca39 Mg13}$
2,2:16	912,53	167,3	88,55	18,92	226,91	295,24	116,6	$\frac{Cl47 HCO_335 SO_418}{Na55 Ca33 Mg12}$
2,7:16	992,94	195,55	88,27	20,07	260,93	299,57	129,56	$\frac{Cl49 HCO_333 SO_418}{Na58 Ca30 Mg11}$
3,3:16	1083,94	227,52	87,95	21,38	299,41	304,46	144,21	$\frac{Cl51 HCO_330 SO_418}{Na62 Ca27 Mg11}$
шахтні води відстійник с. Городище	3920	1224	78	62	1499	457	601	$\frac{Cl68 SO_420 HCO_312}{Na85 Mg8 Ca6}$

Таблиця 6.7

Результати гідрохімічного моделювання макрокомпонентного складу та мінералізації за умови змішування шахтних вод з відстійника с. Городище з водами р. Західний Буг у період літньо–осінньої межені при рівномірному скиді

Вміст, мг/дм ³	M	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ²⁺	SO ₄ ²⁺	Формула Курлова
річкові води літньо-осіння межень	530	34	93	16	53	283	52	$\frac{HCO_364 Cl21 SO_415}{Ca62 Na20 Mg18}$
0,14:10	576,8	50,43	92,79	16,64	72,96	285,4	59,58	$\frac{HCO_359 Cl26 SO_416}{Ca56 Na27 Mg17}$
0,6:10	721,89	101,36	92,15	18,6	134,85	392,85	83,08	$\frac{HCO_346 Cl37 SO_417}{Ca44 Na42 Mg14}$
0,65:10	736,9	106,63	92,08	18,81	141,25	293,62	85,51	$\frac{HCO_346 Cl38 SO_417}{Na43 Ca43 Mg14}$
0,95:10	824,11	137,24	91,7	19,99	178,45	298,1	99,63	$\frac{Cl42 HCO_341 SO_417}{Na49 Ca38 Mg14}$
1,25:10	906,67	166,22	91,33	21,11	213,67	302,33	113	$\frac{Cl45 HCO_327 SO_418}{Na53 Ca34 Mg13}$
1,6:10	997,59	198,14	90,93	22,34	252,45	307	127,72	$\frac{Cl48 HCO_334 SO_418}{Na57 Ca30 Mg12}$
2,05:10	1106,72	236,45	90,45	23,83	299	312,6	145,4	$\frac{Cl51 HCO_331 SO_418}{Na61 Ca27 Mg12}$
шахтні води відстійник с. Городище	3920	1224	78	62	1499	457	601	$\frac{Cl68 SO_420 HCO_312}{Na85 Mg8 Ca6}$

Таблиця 6.8

Результати гідрохімічного моделювання макрокомпонентного складу та мінералізації за умови змішування шахтних вод з відстійника с. Городище з водами р. Західний Буг у період зимової межені при рівномірному скиді

Вміст, мг/дм ³	M	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ²⁺	SO ₄ ²⁺	Формула Курлова
річкові води зимова межень	581	40	105	17	59	300	60	$\frac{HCO_363 Cl21 SO_416}{Ca62 Na21 Mg17}$
0,14:11	622,96	54,88	104,66	17,57	77,1	301,97	66,8	$\frac{HCO_358 Cl26 SO_416}{Ca58 Na26 Mg16}$
0,75:11	794,13	115,57	103,28	19,87	150,91	210,02	94,53	$\frac{HCO_345 Cl38 SO_417}{Ca44 Na42 Mg14}$
0,8:11	807,37	120,27	103,17	20,05	156,63	310,64	96,68	$\frac{HCO_344 Cl38 SO_418}{Na43 Ca43 Mg14}$
0,85:11	820,51	124,93	103,06	20,23	162,29	311,26	98,81	$\frac{HCO_343 Cl39 SO_418}{Na44 Ca42 Mg14}$
1,35:11	945,99	169,43	102,05	21,92	216,41	317,16	119,14	$\frac{Cl44 HCO_338 SO_418}{Na52 Ca36 Mg13}$
1,55:11	993,39	186,23	101,67	22,56	236,85	319,39	126,82	$\frac{Cl46 HCO_336 SO_418}{Na54 Ca34 Mg12}$
2,2:11	1137,5	237,33	100,5	24,5	299	326,17	150,17	$\frac{Cl50 HCO_332 SO_419}{Na59 Ca29 Mg12}$
шахтні води відстійник с. Городище	3920	1224	78	62	1499	457	601	$\frac{Cl68 SO_420 HCO_312}{Na85 Mg8 Ca6}$

Проведені дослідження показали, що у разі змішування шахтних вод з річковими водами у період весняної повені (табл. 6.6) у співвідношенні 0,14:16, мінералізація суміші стає 528,67 мг/дм³, а це значення відповідає збільшенню мінералізації річкових вод на 5,95 %, що не перевищує норми. При змішування даних вод у співвідношенні 1,15:16 призведе до зміни складу річкової води з гідрокарбонатно-кальцієвого на гідрокарбонатно-натрієвий, мінералізація річкової води збільшиться на 46 %, але при цьому значення мінералізації та вмісти макрокомпонентів не перевищують значень ГДК (для водних об'єктів рибогосподарського призначення). При змішуванні шахтних і річкових вод у співвідношеннях більших чим 1,55:16 вмісти макрокомпонентів та мінералізації будуть перевищувати значення ГДК.

Проведені дослідження показали, що у разі змішування шахтних вод з річковими водами у період літньо-осінньої межені (табл. 6.7) у співвідношенні 0,14:10, мінералізація суміші стає 576,8 мг/дм³, а це значення відповідає

збільшенню мінералізації річкових вод на 8,8 %, що не перевищує норми. При змішування даних вод у співвідношенні 0,65:10 призведе до зміни складу річкової води з гідрокарбонатно-кальцієвого на гідрокарбонатно-натрієвий, мінералізація річкової води збільшиться на 39 %, але при цьому значення мінералізації та вмісті макрокомпонентів не перевищують значень ГДК (для водних об'єктів рибогосподарського призначення). При змішуванні шахтних і річкових вод у співвідношеннях більших чим 0,95:10 вмісті макрокомпонентів та мінералізації будуть перевищувати значення ГДК.

Проведені дослідження показали, що у разі змішування шахтних вод з річковими водами у період зимової межені (табл. 6.8) у співвідношенні 0,14:11, мінералізація суміші стає $622,96 \text{ mg/dm}^3$, а це значення відповідає збільшенню мінералізації річкових вод на 7,2 %, що не перевищує норми. При змішування даних вод у співвідношенні 0,8:11 призведе до зміни складу річкової води з гідрокарбонатно-кальцієвого на гідрокарбонатно-натрієвий, мінералізація річкової води збільшиться на 39 %, але при цьому значення мінералізації та вмісті макрокомпонентів не перевищують значень ГДК (для водних об'єктів рибогосподарського призначення). При змішуванні шахтних і річкових вод у співвідношеннях більших чим 0,85:11 вмісті макрокомпонентів та мінералізації будуть перевищувати значення ГДК.

Таким чином, встановлено, що рівномірний скид шахтних вод цілодобово впродовж року в об'ємі $0,14 \text{ m}^3/\text{s}$ з відстійника с. Городище у р. Західний Буг не впливатиме на формування складу води, існування та розвиток компонентів гідроекосистеми р. Західний Буг.

6.3.2. Модель рівномірного скиду шахтних вод з відстійника м. Червоноград

Загальний об'єм шахтних вод, який поступає у відстійник м. Червоноград з 2 ЧГ за рік становить – 607 tis. m^3 . Відповідно цю ж кількість вод необхідно скинути в річку Західний Буг. Провівши математичні обрахунки встановлено, що при здійсненні рівномірного скиду цілодобово впродовж року - з даного відстійника необхідно скидати по $0,02 \text{ m}^3$ шахтних вод щосекунди.

Нами проведене моделювання змішування шахтних вод з річковими водами в різні періоди року, так як сучасний гідрохімічний режим р. Західний Буг за головними іонами та мінералізацією має чітко виражений сезонний характер. Вихідні дані для моделювання містяться у табл. 6.3-6.5. Результати моделювання наведені у табл. 6.9-6.10.

Проведені дослідження показали, що у разі змішування шахтних вод з річковими водами у період весняної повені (табл. 6.9) у співвідношенні 0,02:16, мінералізація суміші стає $503,15 \text{ мг/дм}^3$, а це значення відповідає збільшенню мінералізації річкових вод на 0,8 %, що не перевищує норми. При змішування даних вод у співвідношенні 1,35:16 призведе до зміни складу річкової води з гідрокарбонатно-кальцієвого на гідрокарбонатно-натрієвий, мінералізація річкової води збільшиться на 52 %, але при цьому значення мінералізації та вмісти макрокомпонентів не перевищують значень ГДК (для водних об'єктів рибогосподарського призначення). При змішуванні шахтних і річкових вод у співвідношеннях більших чим 2,27:16 вмісти макрокомпонентів та мінералізації будуть перевищувати значення ГДК.

Проведені дослідження показали, що у разі змішування шахтних вод з річковими водами у період літньо-осінньої межені (табл. 6.10) у співвідношенні 0,02:10, мінералізація суміші стає $536,58 \text{ мг/дм}^3$, а це значення відповідає збільшенню мінералізації річкових вод на 1,24 %, що не перевищує норми. При змішування даних вод у співвідношенні 0,65:10 призведе до зміни складу річкової води з гідрокарбонатно-кальцієвого на гідрокарбонатно-натрієвий, мінералізація річкової води збільшиться на 38 %, але при цьому значення мінералізації та вмісти макрокомпонентів не перевищують значень ГДК (для водних об'єктів рибогосподарського призначення). При змішуванні шахтних і річкових вод у співвідношеннях більших чим 1,3:10 вмісти макрокомпонентів та мінералізації будуть перевищувати значення ГДК.

Проведені дослідження показали, що у разі змішування шахтних вод з річковими водами у період зимової межені (табл. 6.11) у співвідношенні 0,02:11, мінералізація суміші стає $586,89 \text{ мг/дм}^3$, а це значення відповідає

збільшенню мінералізації річкових вод на 1 %, що не перевищує норми. При змішування даних вод у співвідношенні 0,8:11 призведе до зміни складу річкової води з гідрокарбонатно-кальцієвого на гідрокарбонатно-натрієвий, мінералізація річкової води збільшиться на 37,9 %, але при цьому значення мінералізації та вмісті макрокомпонентів не перевищують значень ГДК (для водних об'єктів рибогосподарського призначення). При змішуванні шахтних і річкових вод у співвідношеннях більших чим 1,31:11 вмісті макрокомпонентів та мінералізації будуть перевищувати значення ГДК.

Таким чином, встановлено, що рівномірний скид шахтних вод цілодобово впродовж року в об'ємі 0,02 м³/с з відстійника м. Червонограда у р. Західний Буг не впливатиме на формування складу води, існування та розвиток компонентів гідроекосистеми р. Західний Буг.

Таблиця 6.9

Результати гідрохімічного моделювання макрокомпонентного складу та мінералізації за умови змішування шахтних вод з відстійника м. Червоноград з водами р. Західний Буг у період весняної повені при рівномірному скиді

Вміст, мг/дм ³	M	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ²⁺	SO ₄ ²⁺	Формула Курлова
річкові води весняна повінь	499	22	90	13	52	273	50	$\frac{HCO_3 64 Cl 21 SO_4 15}{Ca 68 Mg 17 Na 15}$
0,02:16	503,15	23,48	89,96	13,05	53,74	273,44	50,48	$\frac{HCO_3 64 Cl 21 SO_4 15}{Ca 68 Mg 16 Na 16}$
1,3:16	749,08	111,35	87,67	16,01	156,75	299,30	78,86	$\frac{HCO_3 45 Cl 40 SO_4 15}{Ca 71 Mg 21 Na 8}$
1,35:16	757,95	114,52	87,59	16,11	160,47	300,23	79,88	$\frac{HCO_3 44 Cl 41 SO_4 15}{Na 47 Ca 41 Mg 13}$
2,27:16	912,5	169,73	86,15	17,97	225,2	316,79	97,71	$\frac{Cl 47 HCO_3 38 SO_4 15}{Na 56 Ca 33 Mg 11}$
2,39:16	931,51	176,52	85,97	18,2	233,17	318,49	99,91	$\frac{Cl 47 HCO_3 38 SO_4 15}{Na 57 Ca 32 Mg 11}$
2,82:16	997,67	200,16	85,35	18,99	260,88	325,44	107,54	$\frac{Cl 49 HCO_3 36 SO_4 15}{Na 60 Ca 29 Mg 11}$
3,46:16	1090,72	233,4	84,49	20,11	299,85	335,23	118,28	$\frac{SO_4 63 Cl 23 HCO_3 15}{Na 63 Ca 26 Mg 10}$
шахтні води відстійник м. Червоноград	3827	1211	59	53	1446	623	434	$\frac{Cl 68 HCO_3 17 SO_4 15}{Na 88 Mg 7 Ca 5}$

Таблиця 6.10

Результати гідрохімічного моделювання макрокомпонентного складу та мінералізації за умови змішування шахтних вод з відстійника м. Червоноград з водами р. Західний Буг у період літньо-осінньої межені при рівномірному скиді

Вміст, мг/дм ³	M	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ²⁺	SO ₄ ²⁺	Формула Курлова
річкові води літньо-осіння межень	530	34	93	16	53	283	52	$\frac{HCO_364 Cl21 SO_415}{Ca62 Na20 Mg18}$
0,02:10	536,58	36,35	92,93	16,07	55,78	283,68	52,76	$\frac{HCO_364 Cl21 SO_415}{Ca61 Na21 Mg18}$
0,6:10	716,62	100,62	91,08	18,09	131,85	302,25	73,62	$\frac{HCO_349 Cl36 SO_415}{Ca44 Na42 Mg14}$
0,65:10	731,23	105,84	90,92	18,26	138,02	303,75	75,31	$\frac{HCO_348 Cl37 SO_415}{Na43 Ca43 Mg14}$
1,3:10	909,3	169,41	89,09	20,26	213,26	322,12	95,95	$\frac{Cl45 HCO_340 SO_415}{Na55 Ca33 Mg12}$
1,43:10	942,49	181,25	88,75	20,63	227,28	325,54	99,79	$\frac{Cl46 HCO_339 SO_415}{Na56 Ca32 Mg12}$
1,66:10	999,38	201,57	88,16	21,27	251,32	331,4	106,38	$\frac{Cl48 HCO_337 SO_415}{Na59 Ca29 Mg12}$
2,15:10	1113,42	242,28	86,98	22,55	299,5	343,16	119,6	$\frac{Cl51 HCO_334 SO_415}{Na63 Ca26 Mg11}$
шахтні води відстійник м. Червоноград	3827	1211	59	53	1446	623	434	$\frac{Cl68 HCO_317 SO_415}{Na88 Mg7 Ca5}$

Таблиця 6.11

Результати гідрохімічного моделювання макрокомпонентного складу та мінералізації за умови змішування шахтних вод з відстійника м. Червоноград з водами р. Західний Буг у період зимової межені при рівномірному скиді

Вміст, мг/дм ³	M	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ²⁺	SO ₄ ²⁺	Формула Курлова
річкові води зимова межень	581	40	105	17	59	300	60	$\frac{HCO_363 Cl21 SO_416}{Ca62 Na21 Mg17}$
0,02:11	586,89	42,13	104,92	17,07	61,52	300,59	60,68	$\frac{HCO_362 Cl22 SO_416}{Ca62 Na22 Mg17}$
0,75:11	788,19	114,74	102,06	19,30	147,53	320,62	83,87	$\frac{HCO_347 Cl37 SO_416}{Ca44 Na43 Mg14}$
0,8:11	801,07	119,39	101,88	19,47	153,03	321,9	85,36	$\frac{HCO_346 Cl38 SO_416}{Na44 Ca43 Mg14}$
1,31:11	926,43	164,61	100,1	20,83	206,6	334,37	99,8	$\frac{Cl43 HCO_341 SO_416}{Na51 Ca36 Mg12}$
1,37:11	940,5	169,69	99,91	20,99	212,61	335,77	101,42	$\frac{Cl44 HCO_340 SO_416}{Na52 Ca35 Mg12}$
1,62:11	997,68	190,32	99,1	21,62	237,05	341,46	108,01	$\frac{Cl46 HCO_339 SO_415}{Na55 Ca33 Mg12}$
2,31:11	1144,36	243,23	97,02	23,25	299,72	356,06	124,91	$\frac{Cl50 HCO_335 SO_415}{Na61 Ca28 Mg11}$
шахтні води відстійник м. Червоноград	3827	1211	59	53	1446	623	434	$\frac{Cl68 HCO_317 SO_415}{Na88 Mg7 Ca5}$

6.3.3. Модель залпового скиду шахтних вод з відстійника с. Городище

Відповідно до регламенту відведення мінералізованих вод, залповий випуск передбачає накопичення шахтних вод протягом 6 місяців з наступним скиданням у межі річкових басейнів. При залповому скиданні передбачається накопичення мінералізованих вод у фазу літньо-осінньої межені (травень-жовтень) зі скиданням у період підвищення водності ріки (під час весняної повені).

Загальний об'єм шахтних вод, який поступає у відстійник с. Городище з шахт великомостівської групи за рік становить – 4,2 млн. m^3 . Відповідно цю ж кількість вод необхідно скинути в річку Західний Буг під час весняної повені. Весняна повінь на річці Західний Буг починається в першій половині березня і закінчується в кінці квітня і відповідно триває до 50 днів. В залежності від кількості днів скиду об'єми скиду можуть змінюватися від 0,95 до 2,45 $\text{m}^3/\text{с}$ таким чином, щоб в зазначеній час скинути необхідну кількість шахтної води.

Нами проведено моделювання змішування шахтних вод з річковими водами в період весняної повені. Вихідні дані для моделювання містяться у табл. 6.3-6.5. Результати моделювання наведені у табл. 6.12.

Таблиця 6.12

Результати гідрохімічного моделювання макрокомпонентного складу та мінералізації за умови змішування шахтних вод з відстійника с. Городище з водами р. Західний Буг у період весняної повені при залповому скиді

Вміст mg/dm^3	Кількість днів скиду	M	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	HCO_3^{2+}	SO_4^{2+}	Збільшення мінералізації річкових вод, %
річкові води весняна повінь		499	22	90	13	52	273	50	
0,95:16	50	690,74	89,37	89,33	15,75	133,1	283,31	80,88	38,4
1,2:16	40	737,67	105,86	89,16	16,42	152,95	285,84	88,44	47,9
1,6:16	30	810	131,27	88,91	17,45	183,55	289,73	100,09	62,3
2,45:16	20	953,28	181,62	88,41	19,51	244,15	297,43	123,17	91
шахтні води відстійник с. Городище		3920	1224	78	62	1499	457	601	

Проведені дослідження показали, що у разі змішування шахтних вод з річковими водами у період весняної повені (табл. 6.12) при залпових скидах у

різних співвідношеннях призведе до збільшенню мінералізації річкових вод від 38 до 91 %, що перевищить норму (норма – зміна мінералізації до 10 %). При змішування даних вод у співвідношенні більше чим 1,6:16 вмісті сульфатів та іонів натрію і калю будуть перевищувати значення ГДК.

Таким чином, встановлено, що залпові скиди шахтних вод впродовж весняної повені з відстійника с. Городище у р. Західний Буг впливатимуть на формування складу води, існування та розвиток компонентів гідроекосистеми р. Західний Буг і збільшать мінералізацію річкової води на 38-91 %, а концентрації деяких речовин в природних водах можуть виявитися смертельними для іхтіофауни, привести до загибелі риб, знищення нерестовищ, зниження рибопродуктивності.

6.3.4. Модель залового скиду шахтних вод з відстійника м. Червоноград

Відповідно до регламенту відведення мінералізованих вод, залповий випуск передбачає накопичення шахтних вод протягом 6 місяців з наступним скиданням у межі річкових басейнів. При залповому скиданні передбачається накопичення мінералізованих вод у фазу літньо-осінньої межені (травень-жовтень) зі скиданням у період підвищення водності ріки (під час весняної повені).

Загальний об'єм шахтних вод, який поступає у відстійник м. Червоноград з 2ЧГ за рік становить – 607 тис. м³. Відповідно цю ж кількість вод необхідно скинути в річку Західний Буг під час весняної повені. Весняна повінь на річці Західний Буг починається в першій половині березня і закінчується в кінці квітня і відповідно триває до 50 днів. В залежності від кількості днів скиду об'єми скиду можуть змінюватися від 0,15 до 0,35 м³/с таким чином, щоб в зазначений час скинути необхідну кількість шахтної води.

Нами проведено моделювання змішування шахтних вод з річковими водами в період весняної повені. Вихідні дані для моделювання містяться у табл. 6.3-6.5. Результати моделювання наведені у табл. 6.13.

Таблиця 6.13

Результати гідрохімічного моделювання макрокомпонентного складу та мінералізації за умови змішування шахтних вод з відстійника м. Червоноград з водами р. Західний Буг у період весняної повені при залповому скиді

Вміст, мг/дм ³	Кількість днів скиду	M	Na ⁺ +K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ²⁺	SO ₄ ²⁺	Збільшення мінералізації річкових вод, на %
річкові води весняна повінь		499	22	90	13	52	273	50	
0,15:16	50	529,91	33,04	89,71	13,37	64,95	276,25	53,57	6,2
0,17:16	40	533,99	34,5	89,67	13,42	66,66	276,68	54,04	7
0,23:16	30	546,16	38,85	89,56	13,57	71,75	277,96	55,44	9,5
0,35:16	20	570,24	47,45	89,34	13,86	81,84	280,49	58,22	14,3
шахтні води відстійник м. Червоноград	3827	1211	59	53	1446	623	434	601	

Проведені дослідження показали, що у разі змішування шахтних вод з річковими водами у період весняної повені (табл. 6.13) при залпових скидах у різних співвідношеннях до 0,23:16 не приведе до збільшенню мінералізації річкових вод понад норму (норма – зміна мінералізації до 10 %). Проте у разі змішування шахтних вод з річковими водами у період весняної повені у співвідношенні 0,35:16 приведе до збільшенню мінералізації річкових вод на 14,3 %, що перевищить норму (норма – зміна мінералізації до 10 %).

Встановлено, що залпові скиди шахтних вод впродовж весняної повені з відстійника м. Червоноград у р. Західний Буг: 1) при скиді більше як 0,23 м³/с - впливатимуть на формування складу води, існування та розвиток компонентів гідроекосистеми р. Західний Буг і збільшать мінералізацію річкової води на 14,3 %, а концентрації деяких речовин в природних водах можуть виявитися смертельними для іхтіофауни, привести до загибелі риб, знищення нерестовищ, зниження рибопродуктивності; 2) при скиді 0,23 м³/с і менше не впливатимуть на формування складу води, існування та розвиток компонентів гідроекосистеми р. Західний Буг.

6.3.5. Оптимальна модель скиду шахтних вод з відстійників с. Городище і м. Червонограду р. Західний Буг

При пошуку оптимального варіанта ґрунтувалися на принципі виводу результатів на лімітуючі показники шляхом зміни режиму функціонування ставка-накопичувача. У даному випадку визначення оптимальних параметрів регулювання впливу розглядали як задачу відшукання таких його параметрів, при яких мінералізація річкових вод, як компонента природної водойми, буде в межах фонових значень. Оптимальне скидання має ще одну дуже важливу перевагу — підтримка постійної мінералізації природної водойми після скидання шахтних вод. Сталість мінералізації — ознака стабільності водних екосистем річкового басейну.

Для визначення оптимальної моделі скиду шахтних вод з відстійників використовували дані про хімічний склад і витрати води річки Західний Буг у різні сезони (табл. 6.4-6.5) [45, 52, 101]. Межі коливання мінералізації води річки Західний Буг мають сезонний характер і становлять: у весняну повінь – 449-549 мг/дм³, літньо-осінню межень – 477-583 мг/дм³, зимову межень – 522-639 мг/дм³.

Для встановлення значень об'ємів при оптимальному скиданні шахтних вод у р. Західний Буг керувалися принципом досягнення оптимально допустимого значення мінералізації вод річки протягом усього року.

При гідрохімічному моделюванні процесів змішування шахтних вод відстійника с. Городище з річковими водами встановлено оптимальну модель скидання шахтних вод (рис. 6.9):

1) у весняну повінь максимально допустимий скид шахтних вод у річку Західний Буг – 0,24 м³/с; при скидах шахтних вод в такому об'ємі значення мінералізації річки становитиме 551,63 мг/дм³, яке не перевищує верхньої межі фонової мінералізації річки в даний сезон року;

2) у літньо-осінню межень максимально допустимий скид шахтних вод у річку Західний Буг – 0,15 м³/с; при скидах шахтних вод в такому об'ємі

значення мінералізації річки становитиме $580,1 \text{ мг/дм}^3$, яке не перевищує верхньої межі фонової мінералізації річки в даний сезон року;

3) у зимову межень максимально допустимий скид шахтних вод у річку Західний Буг – $0,19 \text{ м}^3/\text{с}$; при скидах шахтних вод в такому об'ємі значення мінералізації річки становитиме $637,69 \text{ мг/дм}^3$, яке не перевищує верхньої межі фонової мінералізації річки в даний сезон року.

При отриманих оптимальних об'ємах скиду шахтних вод в річку Західний Буг в різні сезони розраховано необхідну кількість днів для скиду $4,2 \text{ млн. м}^3$ шахтних вод за рік з відстійника с. Городище: впродовж весняної повені – 50 днів по $0,24 \text{ м}^3/\text{с}$ шахтної води – $1036,8 \text{ тис. м}^3$; впродовж літньо-осінньої межені – 162 дні по $0,15 \text{ м}^3/\text{с}$ – $2099,52 \text{ тис. м}^3$; впродовж зимової межені – 65 днів по $0,19 \text{ м}^3/\text{с}$ – 1067 тис. м^3 . Загальна кількість днів, яка необхідна для оптимального скидання шахтних вод – 277 (50 днів у весняну повінь, 162 дні у літньо-осінню межені та 65 днів у зимову межень), решта 88 днів можна використовувати для ремонту насосів, аварійної зупинки при їх несправності.

Оптимальною моделлю скиду 607 тис. м^3 шахтних вод з відстійника м. Червоноград є модель залпового скиду шахтних вод впродовж 30 днів по $0,23 \text{ м}^3/\text{с}$ в період весняної повені (табл. 6.13, рис. 6.10). При такому скиді мінералізація річки після поступлення цих вод буде становити $546,16 \text{ мг/дм}^3$, що не перевищує верхньої межі фонової мінералізації річки в весняну повінь.

Таким чином, простим перерозподілом протягом року скидання шахтних вод можна досягти сталості гідрохімічних характеристик природної водойми, а також кількісних переваг перед рівномірним і залповим скиданнями. Вищевикладене підтверджує, що існуючі режими скидання води ставків не задовольняють екологічних і економічних вимог. Мінімізувати вплив ставків-накопичувачів на природні водойми можливо шляхом регулювання скидання мінералізованих вод.

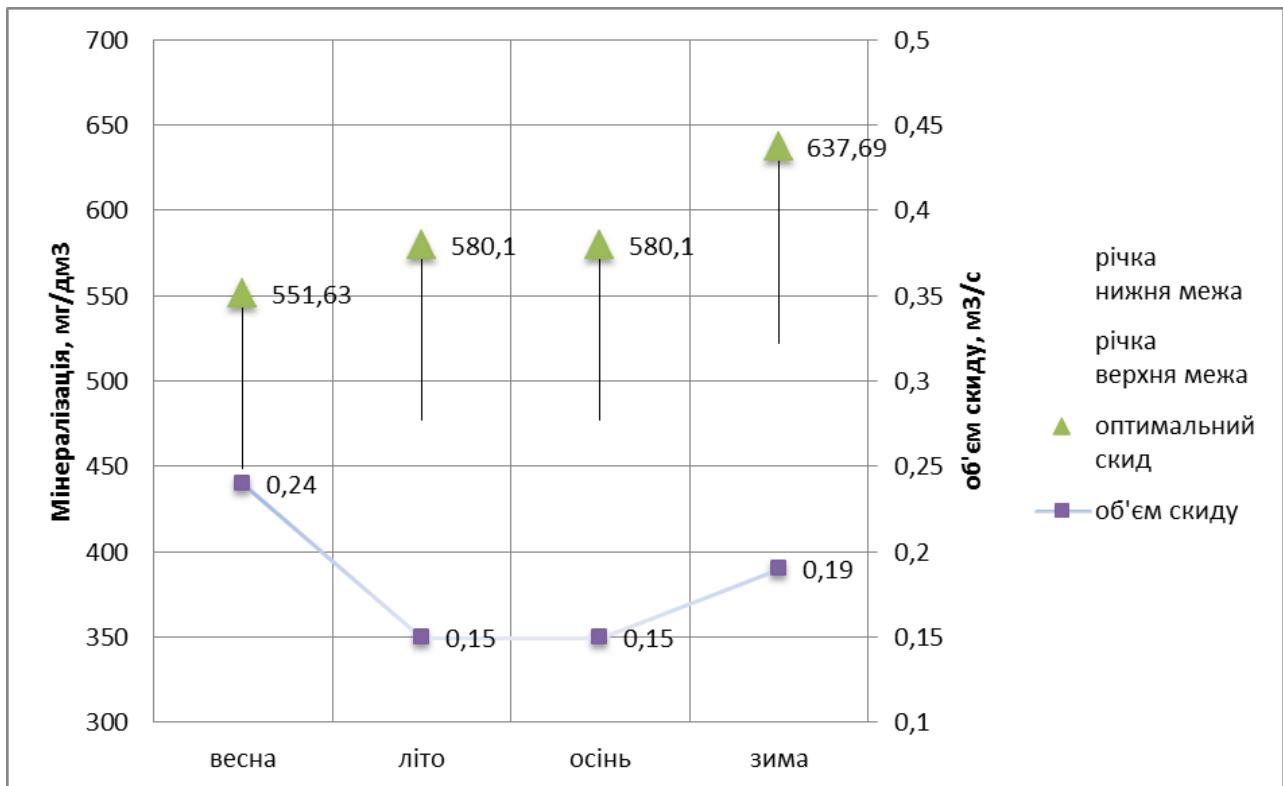


Рис. 6.9. Оптимальна модель скиду шахтних вод з відстійника с. Городище у річку Західний Буг

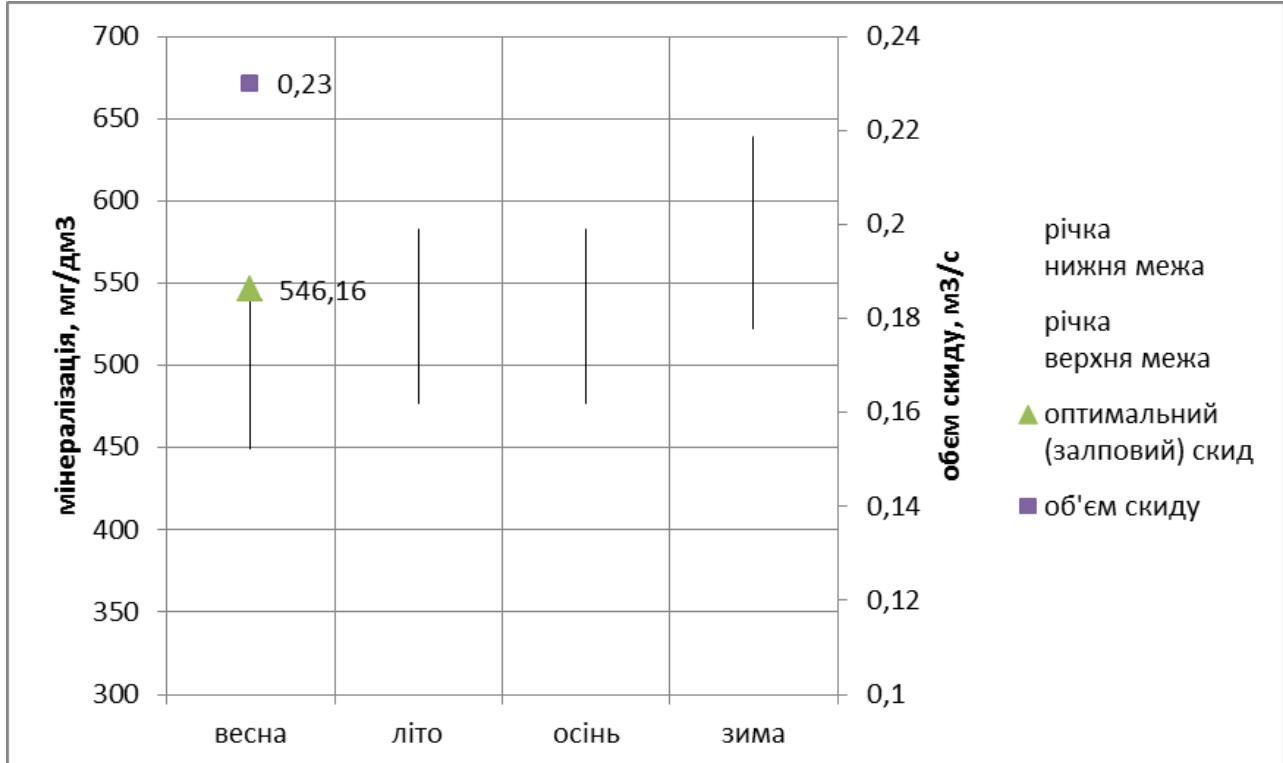


Рис. 6.10. Оптимальна модель скиду шахтних вод з відстійника м. Червоноград у річку Західний Буг

На даному етапі вирішена задача лише частково, використовуючи основні закономірності гідрологічного й гідрохімічного режимів водного об'єкту. Досягнення менших значень мінералізації після скидання зворотних вод шахт з усіх ставків-накопичувачів можливе лише за умови додаткових заходів (зменшення водопритоку шахт, зменшення мінералізації в ставках-накопичувачах за допомогою фізико-хімічних методів або реконструкції відстійників).

6.4. Методи очищення шахтних вод вугільних басейнів України, Польщі, Росії

Вугільна промисловість в сучасному світі зберегла роль найважливішої базисної галузі економіки [80]. На території України поклади кам'яного вугілля зосереджені у відкладах карбону (Львівсько-Волинський і Донецький басейни), на території Польщі у відкладах карбону (Люблінський басейн), на території Росії в пермських відкладах (Кузнецький басейн та ін.).

Львівсько-Волинський вугільний басейн - в Львівській та Волинській областях України, в західному напрямку продовжується на території Польщі. У Львівсько-Волинському вугільному басейні знаходиться 80 вугільних пластів максимальною потужністю 2 м, основна потужність 0,5-1,1 м. Львівсько-Волинський вугільний басейн в геоструктурному відношенні є пологої асиметричною западиною [137]. Червоноградський гірничопромисловий район (ЧГПР) вважається основним в басейні, де експлуатація шахт почалася ще в 1957 році і займає центральну частину Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. У цьому районі пласти залягають під малими кутами (5-10 °). Пласти залягають на глибинах 250-750 м, мають середню потужність 0,7-1,2 м.

Люблінський вугільний басейн розташований в східній частині Польщі, на межі з Україною, де його природним продовженням є Львівсько-Волинський вугільний басейн. Загальна площа басейну близько 10 000 км². Відкритий цей басейн у 1964-1966 рр. Загальна потужність вугленосної товщі перевищує 1000 м, в ній містяться десятки вугільних пластів. Робочою потужністю 0,8 м

володіють лише 20-25 пластів, які служать об'єктами розробки. Залігання вугільних пластів плавне. Покривля вугленосної товщі на глибині 450-750 м [183, 184, 185, 186, 187].

Донецький вугільний басейн, або Донбас — промисловий регіон, що охоплює Донецьку область без Приазов'я, південь Луганської області, а також прилеглі частини суміжних зі сходу і заходу областей - схід Дніпропетровської (Україна) та захід Ростовської області (Росія). В кам'яновугільних відкладеннях Донбасу знаходиться 330 вугільних пластів, з них 130 мають робочу потужність більше 0,45 м. Найбільша потужність розроблюваних пластів 0,6-1,8 м. Пласти потужністю 2 м зустрічаються рідко. В межах Донбасу налічується близько 300 шахт і 20 збагачувальних фабрик [34]. Донецький басейн у структурному відношенні є великим синклінорієм, в центрі якого утворилася молода антекліза з палеозойським ядром [140]. Центральний район Донбасу (ЦРД) являється найстарішим промисловим районом. Роботи ведуть на глибинах від 800 до 1160 м.

Кузнецький басейн (Кузбас) один з найбільших вугільних басейнів Росії, розташований на півдні Західного Сибіру, а основному на території Кемеровської області, в неглибокій улоговині між гірськими масивами Кузнецького Алатау, Гірської Шорії і невисоким Салаирським кряжем. Видобуток кам'яного вугілля ведеться як підземним, так і відкритим способами. У Кузбасі налічується сорок дві шахти і сорок три розрізи. Максимальна глибина вугільних шахт не перевищує 500 м (середня глибина близько 200 м). Середня потужність розроблюваних вугільних пластів 2,1 м, але до 25 % шахтної видобутку вугілля припадає на пласти понад 6,5 м. Кузнецький вугільний басейн являє собою великий синклінорій, що має в плані форму неправильного чотирикутника, довга вісь якого орієнтована в напрямку північний захід - південний схід. У Кузбасі виділяється 25 гірничопромислових районів [41, 119, 160].

Протягом багатьох років у Червоноградському гірничопромисловому районі складалася дуже напружена екологічна обстановка, яку породжувало все

більш зростаюче техногенне навантаження на навколишнє середовище. Погіршує ситуацію відсутність сучасних об'єктів очищення шахтних вод, які викликають потужний скид недостатньо очищених вод у річки. Для розробки способу покращення цієї ситуації необхідний вибір раціональної технології очищення шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району, що можливо при вирішенні ряду задач, основною з яких є оцінка хімічного складу шахтних вод. Масштаби і тривала експлуатація родовищ Донецького і Кузнецького вугільних басейнів сприяли появі багатьох робіт, які спрямовані на вирішення питань по очищенню шахтних вод цих басейнів різними методами, тоді як подібних досліджень по об'єктах Львівсько-Волинського басейну відомо мало. Таким чином, порівняння компонентного складу шахтних вод чотирьох вугільних басейнів дозволить на основі подібності їх складу вибрати в майбутньому оптимальну технологічну схему очищення шахтних вод для Червоноградського гірничопромислового району Львівсько-Волинського басейну, і тим самим забезпечити безпеку навколишнього середовища і здоров'я людей.

Основне джерело шахтних вод - підземні води, які дренуються гірничими виробками, а додатковим джерелом може бути фільтрація в гірничі виробки атмосферних опадів і поверхневих вод з прилеглих водних об'єктів. Хімічний склад шахтних вод визначається вихідним складом підземних вод і може істотно змінюватися в часі. Шахтні води формуються шляхом змішування підземних вод різних горизонтів, взаємодії їх з рудникою атмосфорою і породами, розкритими гірничими виробками.

Нижче поданий аналіз хімічного складу шахтних вод досліджуваних кам'яновугільних басейнів [22, 23, 26].

Шахтні води мають вельми різноманітний хімічний склад. Вміст мінеральних домішок становить від 0,5 до 50 г/дм³. За ступенем мінералізації шахтні води діляться на класи: 1 – прісна до 1 г/дм³, 2 – слабосолонувата 1-3 г/дм³, 3 – солонувата 3-5 г/дм³, 4 – сильносолонувата 5-10 г/дм³, 5 – солона 10-25 г/дм³, 6 – сильно солона 25-50 г/дм³, 7 – розсоли більше 50 г/дм³ [66, 139].

Шахтні води Червоноградського гірничопромислового району з нейтральною реакцією рН характеризуються зміною мінералізації від 3 до 10 г/дм³, мінералізація шахтних вод Люблінського басейну змінюється від 1,6 г/дм³ на глибині 754 м до 10 г/дм³ на глибині 960 м [188, 189, 190], а мінералізація шахтних вод Центрального Донбасу і Кузнецького басейну невисока і змінюється від 0,3 до 3,5 г / дм³ [5, 68]. Глибина формування цих вод в Червоноградському районі і Кузбасі до 500 м, а в Люблінському і Донецькому басейнах до 800 - 1000 м [191, 192].

За величиною рН шахтні води поділяють на 3 класи: кислі - менше 6,5; нейтральні - 6,5-8,5; лужні - більше 8,5 [139]. У Центральному Донбасі зустрічаються шахтні води від кислих до лужних [5], в Червоноградському гірничопромисловому районі та Люблінському і Кузнецькому басейнах всі шахтні води є нейтральними.

Розглянемо нейтральні шахтні води детальніше (табл. 6.14).

Нейтральні шахтні води Червоноградського гірничопромислового району і Люблінського басейну є сульфатно-хлоридно натрієвими, Центрального Донбасу – гідрокарбонатно-сульфатні та хлоридно-сульфатні з різним катіонним складом [5], а в Кузбасі – сульфатно-гідрокарбонатно натрієвими.

Отже, головним аніоном у шахтних водах Донбасу є сульфат іон, у Червоноградському районі та Люблінському басейні – іони хлору, а у Кузбасі – гідрокарбонат – іони, проте серед катіонів у всіх басейнах домінуючими є іони натрію.

Шахтні води крім підвищеної мінералізації також відрізняються вмістом у них різноманітних мікроелементів. У шахтних водах Донбасу, найбільш характерними мікроелементами є алюміній, рубідій, барій, нікель, а також бром, бор, стронцій, літій, цезій, германій [138]. Підземні води Львівсько-Волинського басейну значно біднішими мікроелементами: в цих водах немає олова, фосфору, германія, галію, берилію і в незначних кількостях виявлені цинк, рубідій, кобальт, ітрій, а найбільш характерними мікроелементами являються: барій, купрум, цирконій, стронцій, титан, силіцій, манган, хром,

нікель, молібден, літій, алюміній, лантан. Шахтні води Кузнецького басейну містять кадмій, сурму, стронцій, ферум, цинк, ртуть, купрум, хром, барій, манган, кобальт і плюмбум [179].

Таблиця 6.14

Характеристика і класи шахтних вод досліджуваних вугільних басейнів

	ЧГПР (Львівсько - Волинський вугільний басейн)	Люблінський вугільний басейн	Центральний Донбас (Донецький вугільний басейн)			Кузнецький вугільний басейн
pH	нейтральна рН 6,5-8,5	нейтральна рН 6,5-8,5	нейтральна рН 6,5-8,5	кисла рН < 6,5	лужна рН > 8,5	нейтральна рН 6,5-8,5
Мінералізація	3-10 г/дм ³	1,6 – 10 г/дм ³	0,5-3,5 г/дм ³	1-10г/дм ³	2-7г/дм ³	0,3 – 3 г/дм ³
Глибина відбору проб, м	-410/-550	-500/ -1000	до -500	-67/-1200	-500/-1300	-200/-500
Переважаючий клас шахтних вод за Питьєвою К.:						
аніони	Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	Cl ⁻ >SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻ SO ₄ ²⁻ >Cl ⁻ >HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻ >Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ >HCO ₃ ⁻ >Cl ⁻	HCO ₃ ⁻ > SO ₄ ²⁻ >Cl ⁻
катіони	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺	Na ⁺	Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺	Na ⁺ > Mg ²⁺ >Ca ²⁺ Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺	Na ⁺ >Ca ²⁺	Na ⁺ >Ca ²⁺

Для захисту водойм і річок від забруднення, шахтні води перед скидом у них повинні проходити такі етапи очистки: біологічну чистку з ціллю знезаражування води (хлорування); механічну чистку від зважених речовин у ставках відстійниках; чистку вод від шкідливих мікроелементів у ставках-накопичувачах; демінералізацію шахтних вод.

На діючих шахтах Львівсько -Волинського, Люблінського, Кузнецького та Донецького басейнів з гірничих виробок шахтні води через систему шахтного водовідливу збираються в ставках-накопичувачах, які відіграють роль відстійників, і під час повеней шахтні води частково потрапляють у водойми [137]. На деяких шахтах Львівсько-Волинського басейну шахтні води використовуються в технічних цілях. У Донбасі на деяких шахтах перед скиданням відбувається біологічне очищення шахтних вод (в хлораторних) [118]. Мають місце окремі випадки скидання шахтних вод у гідрографічну сітку з перебільшенням нормативних показників по зважених речовинах. Однак ставки-накопичувачі не завжди дають потрібний результат,

оскільки експлуатуються впродовж десятиліть і потребують реконструкції з метою забезпечення ефективності технології чистки і запобігання зворотної фільтрації з них неочищених вод (в більшості з них немає протифільтраційних екранів).

А проблема демінералізація шахтних вод багато років не знаходить практичного вирішення і залишається найбільш гострою екологічною проблемою вугільної промисловості. При тому, що технологічні схеми опріснення шахтних вод були запропоновані ще у 1980-90х роках [82].

У Кузнецькому вугільному басейні за останні роки на деяких шахтах відбувається модернізація очисних споруд шахтних вод. Використання нових технологій дозволить здійснювати скид очищених шахтних вод з дотриманням усіх нормативних показників.

Проект однієї з них передбачає використання нової технології глибокої очистки і обеззаражування води методами електроагуляції і озонування, яке підсилює випадіння в осадок забруднюючих речовин.

В основі технології очисних споруд на інших двох шахтах лежить інноваційний метод напірної флотаційної очистки з доочисткою стоків на швидкісних фільтрах і обеззаражування гіпохлоритом натрію.

З 2012 року на одній із шахт Кузбасу працює установка, яка здійснює ультрафільтрацію в комплексі з системою зворотного осмосу. Ультрафільтрація забезпечує очистку від механічних домішок на рівні 0,01 мкм і не пропускає бактерії і віруси, забезпечуючи стерилізацію. А в комплексі із зворотнім осмосом відбувається очистка шахтних вод на іонному рівні від солей твердості, інших хімічних забруднювачів, зниження загального солевмісту. Недоліком використання зворотно осмотичної фільтрації є утворення так званих концентрованих розсолів, питання утилізації яких не вирішено.

Один із перспективних методів очистки, який уже функціонує на одній із шахт Кузбасу, базується на озонуванню води з адсорбцією озono - повітряної суміші водогазовим ежектором. Очистка води озоном протікає в комбінації кількох реакцій: прямого і непрямого окислення, каталізу і озонолізу. Озон в

воді виступає у вигляді флокулянта, що сприяє коагуляції зважених речовин. В установках очистки шахтних вод в якості адсорбційних пристрій використовуються водогазові ежектори.

Проте враховуючи високу вартість очистки шахтних вод з використанням озону, пропонується процес очистки шахтних вод, який базується на окислювальній технології. В основі цієї технології лежить вплив на домішки, які забруднюють воду, природними окиснювачами (кисень, озон, атомарний кисень), які генеруються імпульсним електричним розрядом безпосередньо в розпиленому водоповітряному потоці. Проблема використання цього методу в тому, що відсутній досвід його використання для очистки шахтних вод.

Автори роботи [102] для очищення шахтних вод Кузбасу рекомендують використовувати комплекс технологічних заходів, порядок яких визначається пріоритетними забруднювачами, які визначаються складом шахтних вод. В загальному випадку цей порядок включає: освітлення, обеззаражування, демінералізацію і нейтралізацію. На першій стадії рекомендують використовувати механічні методи очистки, такі як процідужування, освітлення, фільтрування, видалення твердої фази під дією відцентрових сил. Вони очищують воду тільки від механічних грубо дисперсних домішок. На наступній стадії використовуються хімічні, фізичні і біологічні методи очистки. При хімічних методах застосовують реагенти для зміни хімічного складу забруднювачів або форми їх знаходження (коагулювання, нейтралізація, обеззаражування). Фізичні методи – це вилучення та знешкодження шкідливих домішок шляхом зміни агрегатного стану шахтних вод (впливом на води ультразвуку, магнітним полем, ультрафіолетом і т.п.). Ці методи використовуються для переведення забруднювачів в нерозчинні форми для подальшого їх вилучення методами механічної очистки. Обеззаражування води проводиться різними хімічними (хлорування, озонування) і фізичними (УФ обробка) методами. Установки очистки шахтних вод представляють собою набір модульних установок, кожна з яких орієнтована на вирішення певної задачі (очищення води від конкретного забруднювача). Типова модульна

установка очистки шахтних вод, яка діє на одній із шахт Кузнецького вугільного басейну включає – модуль попередньої очистки, модуль фізико-хімічної очистки води, модуль освітлення води, модуль обезводнення осаду, модуль фінішної очистки і модуль обеззаражування. Внаслідок такої очистки отримуємо шахтну воду очищенню до вимог по якості та шлам вологістю до 30 %, який необхідно складувати. Кількість модулів і комплектація кожного з них для кожної шахти індивідуальна і вирішення проблеми очистки шахтних вод поліваріантне.

Для Донецького вугільного басейну розроблені різні технології очистки і демінералізації шахтних вод.

У 80-х роках минулого століття були проведені роботи по дослідно-експериментальній перевірці технологій демінералізації вод, але вони не впроваджені через відсутність фінансування. На шахтах Донбасу випробовувалась: дослідно-промислова випарна демінералізаційна установка (без подальшої переробки сольових розсолів); електродіалізні апарати і зворотноосмотичні установки з рулонними модулями (утилізація розсолів також не була передбачена) [118]. У Польщі в 1971 р. була введена в експлуатацію демінералізаційна установка з повним технологічним циклом – випарна установка з переробкою розсолів до сухих товарних продуктів – кухонної солі і гіпсу. Аналогічну установку було намічено спроектувати і для шахт Донбасу, але у зв'язку з припиненням фінансування будівництво установки було припинено. Будівництво демінералізаційних установок потребує величезних капітальних вкладень та надмірних експлуатаційних витрат, що зводить рентабельність шахт нанівець, а також складування сухих сольових відходів, розділення їх на складові частини, транспорт до споживача.

В 2004 році «Донгипрошахт» розробив установку демінералізації шахтних вод для питного водопостачання м. Антрацит Луганської області. Очистка шахтних вод відбудуватиметься у 3 етапи [91]. Перш за все шахтну воду необхідно очистити від зважених частин вугілля, породи, нафтопродуктів, пом'якшити і обеззаразити. Вчені «ДонУГИ» ще в 1975 році ввели в

експлуатацію установку, яка одночасно відфільтровує і дезінфікує шахтну воду. Дано установка ще і досі працює на одній із шахт Донбасу. Принцип роботи даної установки – вода подають на похилі відстійники (з них вона виходить з концентрацією зважених речовин 30-50 мг/л), потім двохсекційні фільтри доводять вміст зважених речовин до норми для питної води до 1-1,5 мг/л. Після цього шахтну воду знезаражують ультрафіолетовим випромінюванням кварцових ламп. Одна із останніх розробок інституту «ДонУГИ» - установка електрохімічного пом'якшення і знезараження води. Електролізер (система судин, наповнених електролітом з розміщеними в них електродами, з'єднаними з негативним і позитивним полюсами джерела постійного струму) розділений спеціальними діафрагмами на катодні і анодні камери: у перших камерах вода підгужнюється: кальцій, магній та інші солі жорсткості випадають в осад, утворюючи пластівці, а в других – хлор-іони, що містяться в шахтних водах перетворюються на активний хлор-газ, який вбиває бактерії. Друга стадія обробки шахтних вод – їх опріснення за допомогою мембраних методів демінералізації і кондиціонування шахтних вод до стандартів питної води. Установка по опрісненню розділена катіон - і аніодактивними мембраними. Під тиском одні мембрани пропускають позитивно заряджені іони в одну сторону, інші, негативно заряджені, - в протилежну, а молекули води йдуть прямо. І третя стадія - випаровування концентрату солей, які побічно утворяться при двох попередніх етапах переробки шахтних вод (приблизно 20 % загального об'єму шахтних вод). Для цього розроблені спеціальні цехи по виробництву солепродуктів.

Для опріснення шахтних вод Донбасу найбільш перспективними являються метод іонного обміну, мембрани методи і дистиляційний метод [37, 78]. Область застосування кожного методу може бути рекомендована наступним чином: опріснення шахтних вод з вмістом солей до 3 г/дм³ найбільш економічно проводити за допомогою методу іонного обміну; опріснення води з концентрацією солей 3-8 г/дм³ - зворотним осмосом і електродіалізом; з концентрацією 8-18 г/дм³ - зворотним осмосом; опріснення води з солевмістом

вище 18-20 г/дм³ - дистиляцією. Але в кожному разі при солевмісті вихідної води в діапазоні 2-10 г/дм³ метод зворотного осмосу є найбільш ефективним: він дозволяє отримати найменшу кількість концентрату в порівнянні з іншими методами.

Підвищити ступень очистки шахтних вод Донбасу найбільш ефективно можна методом БІС (біоінженерних споруд) [46, 47], які об'єднують в собі піщано-гравійні фільтри і біоценоз ВВР (вищих водних рослин). Очистка в таких спорудах відбувається за допомогою вищих водних рослин. При використанні фіtotехнології відбувається і природне знезараження шахтних вод, яке забезпечують ВВР і мікрофлора споруд. Шахтні води, очищені методом БІС, відповідають вимогам скиду в водні об'єкти рибогосподарського призначення.

Автори роботи [30, 31, 148] вважають одним з найефективніших методів очистки шахтних вод реагентний метод. Очищення даним методом передбачає застосування спеціальних реагентів – коагулянтів (солі алюмінію і заліза, сульфати і хлориди заліза, алюмінат натрію). Найбільш поширеними є коагулянти на основі алюмінію. Вони видаляють від 60 до 80 % різних шкідливих домішок. В даний час в світі все більш широко застосовуються алюмінієві коагулянти високою основності – гідроксохлориди алюмінію [31, 148], при використанні яких прискорюється осадження коагульованих суспензій.

До існуючих проектів з демінералізації шахтних вод відносять обладнання, що базується на використанні процесів дистиляції, зворотного осмосу, електродіалізу та виморожування [29]. Процес демінералізації шляхом виморожування має ряд переваг – кількість тепла, що необхідна для отримання 1 кг чистої води в 7 разів менша за випаровування чи дистиляцію; процес не чуттєвий до мінерального складу вихідної води – показник якості питної води за сухим залишком може бути досягнутий в усіх випадках.

Авторами [103] запропонована комплексна переробка шахтних вод, яка повинна включати такі основні стадії: очищення вод від завислих речовин, а

також їх зм'якшення чи стабілізаційну обробку; опріснення – концентрування термічними або мембраними методами; поділ концентрату методами селективної кристалізації на дистиллят і солепродукти. Основними солепродуктами, що можуть бути отриманими є - поварена сіль, сульфіт натрію, хлориди калію, кальцію і магнію.

Одним із шляхів утилізації шахтних вод є їх демінералізація, а іншим – закачування шахтних вод в непродуктивні глибокі водоносні горизонти [141]. Досвід захоронення вод на даний момент є досить обмежений. Для оцінки можливості сумісності шахтних вод з пластом-колектором можна керуватися теоретичними і дуже незначними спеціальними дослідженнями. Важливими факторами при захороненні шахтних вод є їх мінералізація і хімічний склад, так як вони визначають направленість процесів (розчинення порід чи випадіння осаду). Спеціальні дослідження, пов’язані з похованням шахтних вод, вкрай обмежені. Однією з провідних організацій, яка безпосередньо займалася даними питаннями, в 60-70 роки минулого століття було Харківське відділення ВНДІ «ВОДГЕО» (тепер – УДНДІ «УкрВОДГЕО»).

Отримані результати вивчення компонентного складу шахтних вод досліджуваних вугільних басейнів дають можливість вибору оптимального способу очищення шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району на основі аналізу діючих і пропонованих схем очищення цих вод в Донецькому і Кузнецькому вугільних басейнах, що дозволить надалі використовувати шахтні води для господарсько-питного водопостачання та культурно-побутових потреб населення, а також для рибогосподарських цілей.

6.5. Шляхи мінімізації впливу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

Шахтні води можуть бути реалізовані шахтами в декількох напрямках. Основні напрямки використання:

- 1) використання шахтних вод для питних водопотреб;

- 2) використання шахтних вод на власні потреби підприємства або реалізація цих вод стороннім підприємствам і організаціям;
- 3) скидання очищених шахтних вод у природні водойми.

Для використання шахтних вод у цих напрямках вони повинні проходити наступні етапи очистки: знезаражування води; механічну чистку від зважених речовин у відстійниках; чистку води у ставках – накопичувачах від шкідливих мікроелементів; демінералізацію. У Червоноградському гірничопромисловому районі підземна вода, яка поступила в гірничі виробки, відводиться через систему водозбірних канав і труб в центральні водозбірники. Шахтна вода із центральних водозбірників видається на поверхню насосними установками через шахтні стволи [60]. Далі через систему шахтного водовідливу на поверхні ці води збираються в ставках-накопичувачах, які відіграють роль відстійників, і під час повеней частково потрапляють у р. Західний Буг [137]. В ставках-накопичувачах (відстійниках) відбувається очистка шахтних вод від зважених речовин з доведенням вмісту останніх до потрібної концентрації $10\text{--}25 \text{ мг/дм}^3$. Ці ж ставки використовуються для чистки і доведення вмісту шкідливих мікроелементів до нормативного. Однак відстійники не завжди дають потрібний результат, оскільки експлуатуються впродовж десятиліть, потребують реконструкції для запобігання фільтрації з них неочищених вод (діючі відстійники не мають протифільтраційних екранів) і для забезпечення ефективності очистки шахтних вод. Інших етапів очистки шахтні води не проходять. Внаслідок цього практично всі об'єми скиду шахтних вод відноситься до категорії недостатньо очищених. Для ефективної роботи очисних споруд і дотримання встановлених нормативів необхідна реконструкція діючих або будівництво нових очисних споруд на основі сучасних технологій, на що потрібні відповідні інвестиції. Заходи, які використовуються в Червоноградському гірничопромисловому районі для поліпшення стану навколошнього середовища, не ліквідовують важких наслідків впливу шахтних вод, що наближає цей район до стадії екологічного лиха.

Необхідно пам'ятати, що при вирішенні проблеми очистки шахтних вод немає універсального рішення і вирішення цієї проблеми є поліваріантним. Варто відзначити три базових моменти, від виконання яких залежить ефективність проектування системи очистки:

- 1) чітко сформульоване технічне завдання на проектування, яке включає в себе точні дані по кількісному складі шахтних вод і коректні дані по їх кількості;
- 2) побічна проблема – відходи від очистки води; має бути представлений взаємозв'язок між методом очистки і якістю отриманого відходу після неї і має бути вирішена проблема утилізації цих відходів;
- 3) витрати на вирішення проблеми очистки шахтних вод – необхідно представляти, що витрати на реалізацію вибраної технології очистки складаються з капітальних витрат на обладнання і експлуатаційні витрати.

Спочатку визначимося з пріоритетними забруднювачами шахтних вод. Шахтні води мають підвищений вміст зважених речовин, мінеральних солей і шкідливих мікроелементів. Ці речовини містяться в концентраціях, які перевищують гранично допустимі для водних об'єктів рибогосподарського, господарсько-питного та культурно-побутового призначення [124].

За результатами побудови графічної діаграми (рис. 6.11) вмістів головних компонентів у шахтних водах виявлено, що вміст деяких компонентів перевищує ГДК (згідно «ДСТ 2874-82. Вода питна» [35]): мінералізація, зважені речовини, $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Cl^- і SO_4^{2-} .

У шахтних водах перевищення нормативних показників (для водойм рибогосподарського призначення) встановлено по наступних показниках: мінералізація, зважені речовини, $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Mg^{2+} , Cl^- і SO_4^{2-} (рис. 6.12).

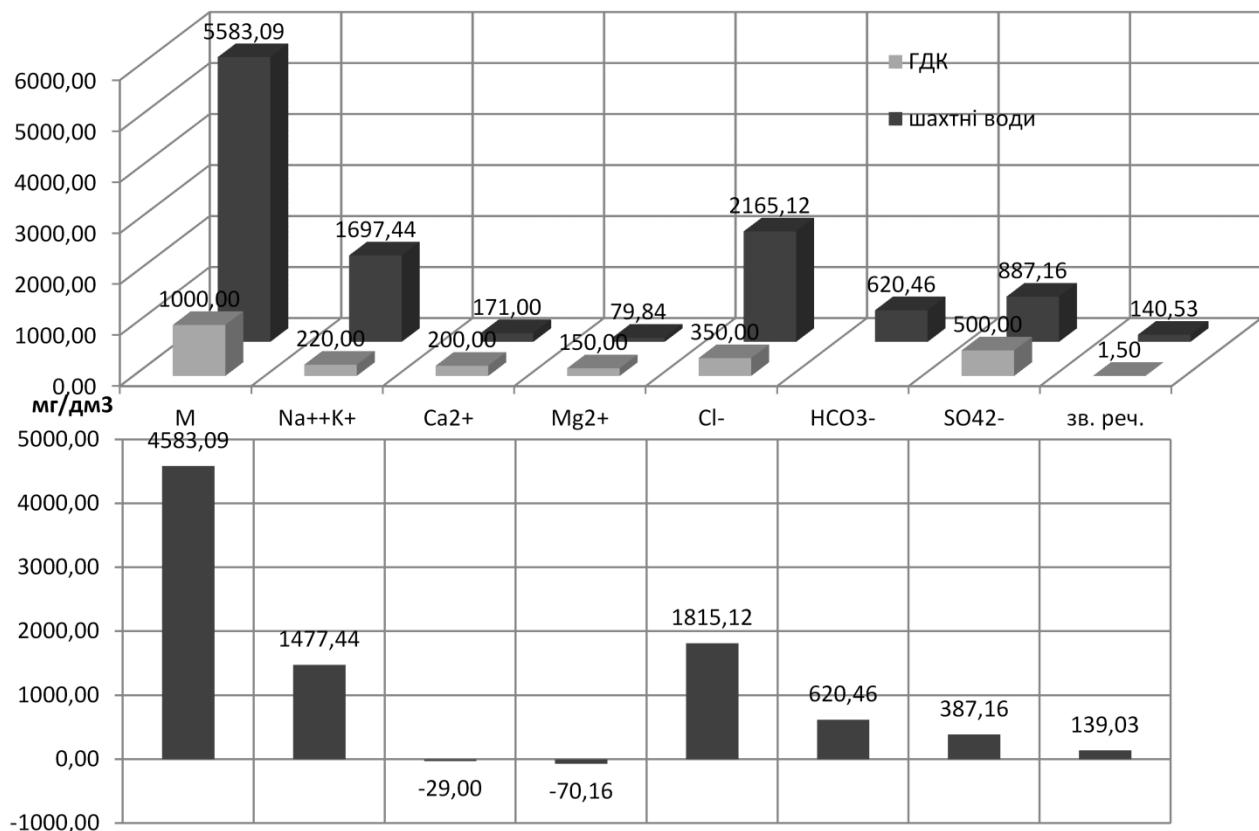


Рис. 6.11. Відхилення середніх концентрацій макрокомпонентів в шахтних водах району досліджень від ГДК згідно «ДСТ 2874-82. Вода питна»

Серед мікроелементів спостерігається перевищення норм ГДК (для водойм рибогосподарського призначення) по барію, цирконію, стронцію, титану, мангану, хрому, літію, свинцю, алюмінію, лантані, кобальту, йоду і брому (рис. 6.13).

Ці дані ще раз підтверджують те, що шахтні води є великою загрозою забруднення довкілля і можуть завдати шкоди здоров'ю людини [28, 194].

Запропоновано декілька варіантів утилізації шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району: опріснення мінералізованих шахтних вод з отриманням та реалізацією твердих солепродуктів; захоронення шахтних вод у глибоких водоносних горизонтах; реконструкція діючих очисних споруд або будівництво нових на основі фіtotехнологій (рис. 6.14).

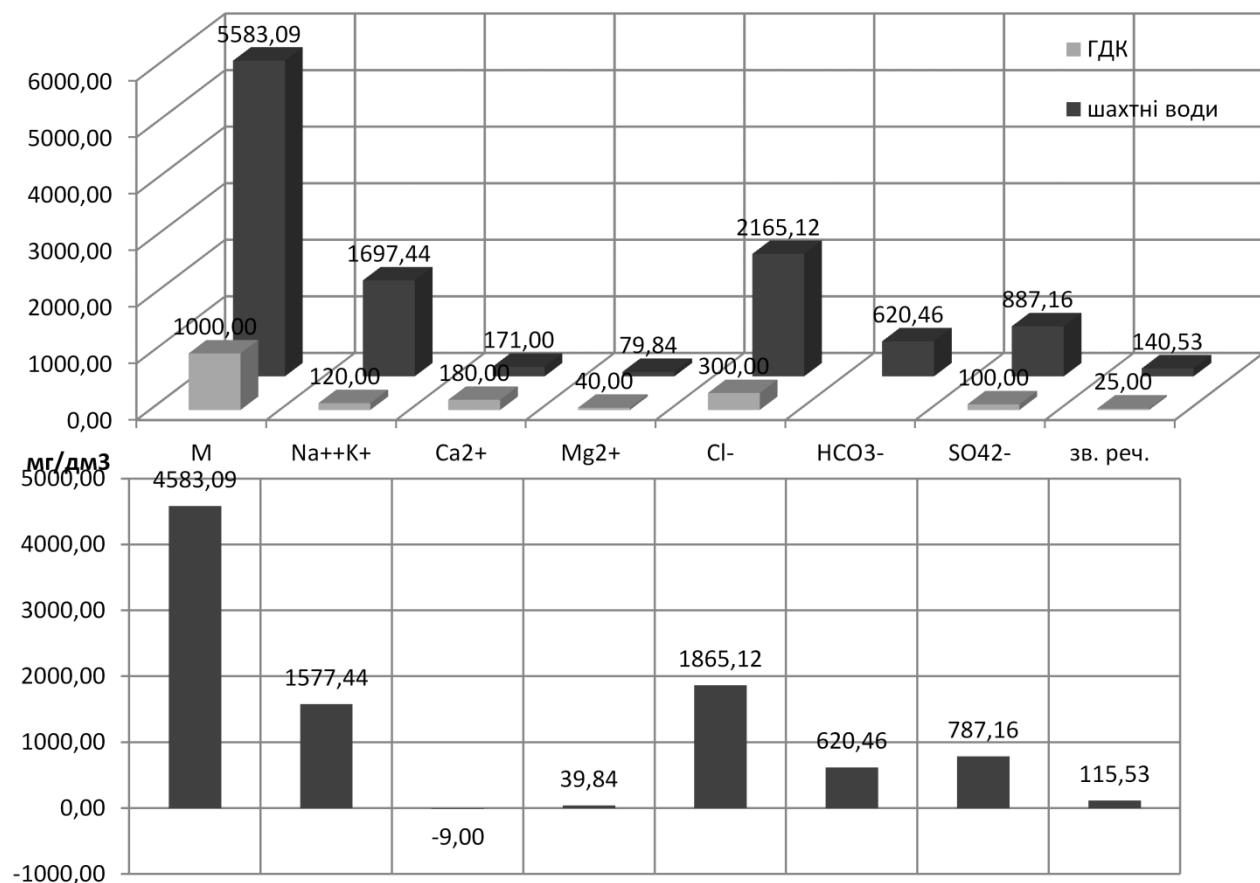


Рис. 6.12. Відхилення середніх концентрацій макрокомпонентів в шахтних водах району досліджень від ГДК для водних об'єктів рибогосподарського призначення

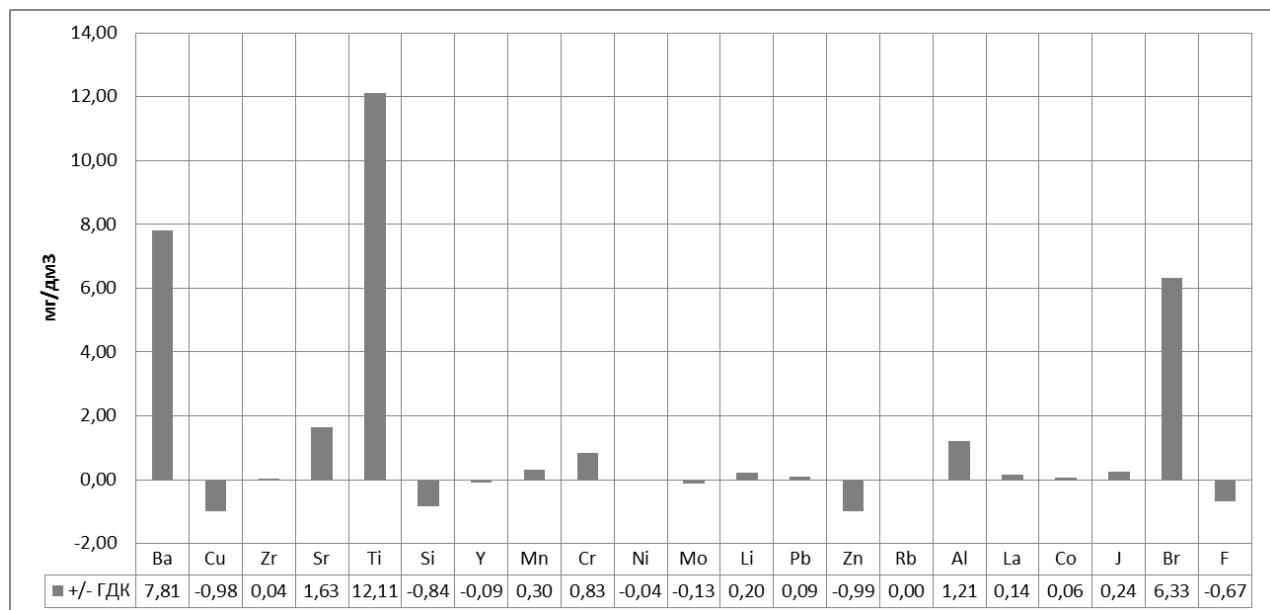


Рис. 6.13. Відхилення середніх концентрацій мікроелементів в шахтних водах району досліджень від ГДК для водних об'єктів рибогосподарського призначення

Аналіз економічних параметрів наведених методів дозволяє зробити висновок, що в сучасних умовах реалізація будь-якого з проектів є надмірною задачею як для окремих шахт, так і для галузі в цілому. Відповідно ефективне вирішення цієї екологічної проблеми можливе лише за умови державної підтримки та державного регулювання.

Застосування відомих технічних методів демінералізації для очистки шахтних вод від мінеральних солей не завжди являється економічно виправданим через не комплексну переробку. Саме комплексна переробка являється радикальним напрямом повернення шахтних вод в господарський оборот регіону та захистом природних водних об'єктів від забруднення. Процес водоочистки з виділенням чистої води в будь-якому випадку проходить паралельно з утворенням концентратів забруднювачів (шлами, осад речовин, розсоли), які є потенційно небезпечні для навколишнього середовища. Саме комплексна переробка шахтних вод дозволяє отримати ряд продуктів для життєдіяльності: чиста питна вода та сухі товарні солепродукти (харчова сіль, кальцинована сіль, з'єднання кальцію, магнію, феруму, які необхідні для металургії та ін. виробництв). Рентабельність процесу демінералізації може бути забезпечена шляхом реалізації в якості товару очищеної шахтної води, а також вилучених із неї солепродуктів.

Вибір методу демінералізації здійснюється з використанням принципу вирішення головного завдання – розділення вихідної шахтної води на опріснену воду і в мінімальному об'ємі концентрат, придатний для утилізації з виділенням сухих солепродуктів. Для демінералізації шахтних вод найбільш перспективними являються метод іонного обміну, дистиляційний метод, мембрани (зворотній осмос, електродіаліз) та термічні методи. Але в кожному разі при солевмісті вихідної води в діапазоні 2-10 г/дм³ (мінералізація шахтних вод району досліджень саме в такому інтервалі) метод зворотного осмосу є найбільш ефективним: він дозволяє отримати найменшу кількість концентрату в порівнянні з іншими методами [78].

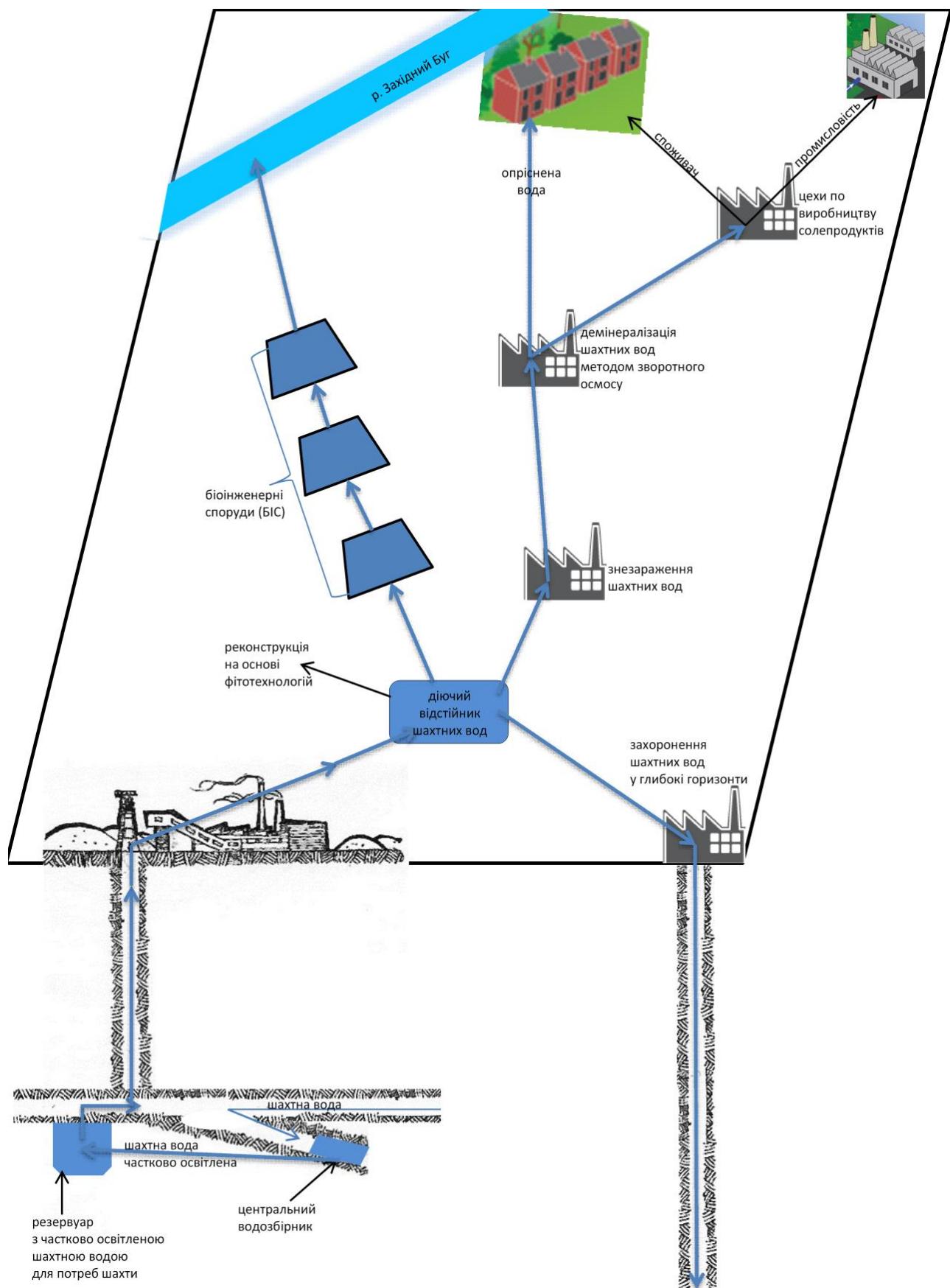


Рис. 6.14. Утилізація шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

Можлива технологічна схема очистки шахтних вод з їх демінералізацією в Червоноградському гірничопромисловому районі може бути представлена наступним комплексом: 1) освітлення – в ставках-відстійниках і ставках-накопичувачах на поверхні - очистка від зважених речовин і шкідливих мікроелементів (відстійники обов'язково повинні мати протифільтраційні екрані). В підземних умовах можлива перша ступінь очистки – зниження забруднення шахтних вод в водозбірниках – часткове очищення від зважених речовин, що дозволить частину води використовувати на власні потреби шахти без підняття на поверхню (пилостримування, буровибухові роботи та ін.); 2) знезараження – хлоруванням, озонуванням, ультрафіолетовим випромінюванням кварцових ламп; 3) опріснення – за допомогою методу зворотного осмосу і кондиціонування шахтних вод до стандартів питної води. Установка по опрісненню розділена катіон - і аніодактивними мембраними. Під тиском одні мембрани пропускають позитивно заряджені іони в одну сторону, інші, негативно заряджені, - в протилежну, а молекули води йдуть прямо; 4) випаровування концентрату солей, який побічно утвориться при попередньому етапі переробки шахтних вод (приблизно 20 % загального об'єму шахтних вод). Для цього розроблені спеціальні цехи по виробництву солепродуктів.

Одним із шляхів утилізації шахтних вод є їх демінералізація, а іншим - закачування забруднених вод у породи-колектори глибоких горизонтів земної кори, тобто підземне поховання промислових стоків. У будь-яких регіонах це складна комплексна проблема, що включає питання геолого-гідрогеологічного, технологічного, економічного та екологічного характеру. Найважливішими факторами, які визначають можливість підземного поховання шахтних вод, є геолого-гідрогеологічні умови ділянки їхньої утилізації, оскільки саме цими умовами є визначається міграція забруднюючих речовин у підземній гідросфері. Підземне поховання промислових стоків зазвичай здійснюється у пласти тріщинуватих вапняків і пісковиків на глибину від 1-2 до 3-4 км і більше. Перед похованням стічні води відповідно обробляються: їх фільтрують,

відстоюють, у них регулюють величину pH та сольовий склад. Негативним наслідком захоронення є можливий прорив промислових стоків у водоносні горизонти питних вод через існуючі гідродинамічно відкриті системи розривних порушень (через деякий час можливе витіснення до поверхні промстоків напірними підземними водами, що призведе до забруднення водоносних горизонтів, які використовуються для водопостачання) [141]. Для захоронення шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району необхідно проводити цільові роботи по пошуку колекторів для захоронення.

Як уже зазначалося, відстійники шахтних вод району дослідження експлуатуються впродовж десятиліть і потребують реконструкції. Необхідно передбачити мінімальні заходи, які б забезпечили керованість процесом покращення стану природного середовища і недопущення екологічного лиха в регіоні [46, 47, 94]. Реконструкцією відстійників можна досягнути менших значень мінералізації шахтних вод, що в свою чергу дозволить збільшити об'єми скидів шахтних вод в річку Західний Буг.

В багатьох країнах для очистки шахтних вод перед скидом в гідрографічну мережу інтенсивно використовують фітотехнології. В нашій країні споруди для очистки вод, які використовують фітотехнології називаються – біоінженерні споруди (БІС). Розроблені споруди характеризуються високою ефективністю очистки вод при незначних капітальних вкладеннях і символічних витратах на експлуатацію. Підвищити ступінь очистки шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району при мінімальних затратах можна впровадженням БІС методом реконструкції діючих ставків-відстійників, які потребують реконструкції.

Вищі водні рослини (ВВР) в поєданні або без піщано-гравійного фільтра з природних матеріалів є основними елементами системи очищення в БІС. ВВР формують біоценоз, який включає різноманітні групи мікроорганізмів, водоростей, грибів і інших організмів завдяки яким і відбувається очистка вод. При проходженні забруднених вод через БІС одні речовини видаляються у вигляді газу, інші – в розчиненому стані з очищеною рідиною, треті – з фіто

масою ВВР, біомасою бактерій і водоростей, а частина речовин залишається в споруді. При використанні фітотехнологій поряд з вилученням хімічних з'єднань відбувається природне знезараження вод. Схема очисних споруд, кількість, конструкція і розміри окремих елементів БІС встановлюються за допомогою математичної моделі, виходячи із вимог до якості шахтних вод, які очищаються (наприклад, очистка шахтних вод до вимог скиду в водні об'єкти рибогосподарського призначення). В залежності від гідрогеологічних умов місцевості, блоки БІС можуть додатково обладнуватися протифільтраційними екранами.

На спорудах БІС досягається наступна ефективність очистки вод: від іонів амонію, нітратів іона – на 60-90 %, фосфатів – 20-60 %, іонів тяжких металів – 20-80 %, зважених речовин – 95-99 %, сульфат-іонів – 25-30 %, іонів натрію, кальцію, магнію – 10-20 %, мінералізації – 20-99 %, нафтопродуктів – 20-90 %, органічних з'єднань по БСК, ХСК – 80-95 %, бактеріологічним показниках – 98-99 % [47, 70].

Таким чином, БІС технології очистки шахтних вод можна назвати задовільним доповненням, а в більшості випадків – альтернативою традиційним методам завдяки низьким затратам, простоті будівництва і надійності експлуатації.

Необхідна очистка шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району дозволить їх використовувати для господарсько-технічних потреб шахт, забезпечить нормативи скидання цих вод в гідрографічну мережу (в результаті оптимізації роботи очисних споруд), що в цілому призведе до покращення екологічної ситуації у районі (рис 6.15).

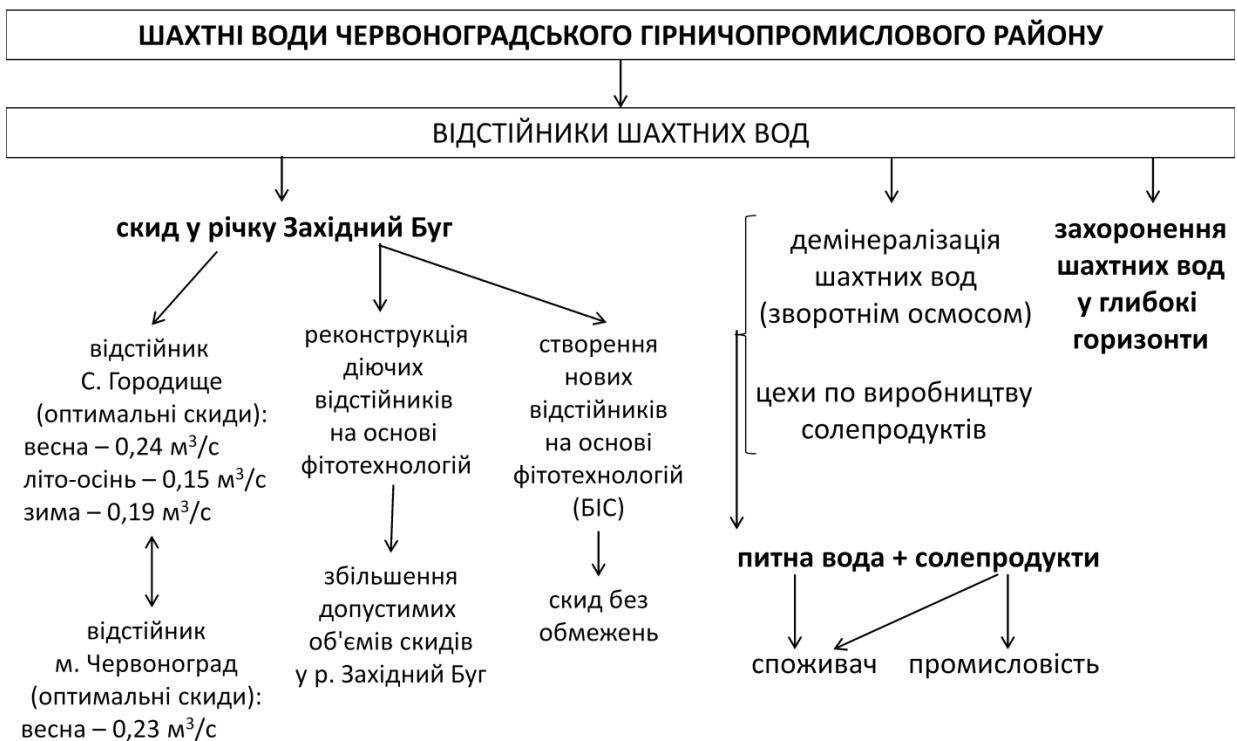


Рис. 6.15. Заходи із зменшення негативного впливу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району на навколоишне середовище

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання з встановлення геохімічних особливостей і закономірностей формування кількісного і якісного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району. Виявлено основні чинники негативного впливу шахтних вод на довкілля і запропоновано схеми боротьби з цими впливами і можливої їх нейтралізації.

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1) Шахтні води Червоноградського гірничопромислового району мають широкий діапазон мінералізації, до головних іонів в цих водах належать хлор, сульфати і натрій, які визначають тип мінералізації і гідрохімічний склад вод взагалі. Встановлено, що із збільшенням мінералізації зміна класів шахтних вод відбувається в такій послідовності: $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$; $\text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$. У шахтних водах присутні розмаїті мікроелементи, найхарактернішими з яких є барій, купрум, манган, нікель, молібден, алюміній, міграція яких визначається хімічним складом шахтних вод та їхньою мінералізацією. Простежується певна закономірність зростання вмісту макрокомпонентів та мікроелементів шахтних вод з північного сходу на південний захід, що закономірно пов'язано з геологічною будовою району дослідження. Слід відзначити строкатість змін хімічного складу шахтних вод у часі, що вказує на істотний вплив на їхню динаміку припливу підземних вод та природних умов.

2) З'ясовано, що на сучасному етапі вуглевидобутку хімічний склад шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району формується за рахунок змішування підземних вод верхньої крейди (сенонський водоносний комплекс) з водами нижньої частини серпухівського ярусу (лишнянської та іваницької світ) кам'яновугільної системи. Відсоток надходження вод

сенонаського водоносного комплексу зменшується з північного сходу (з 90 %) на південний захід (до 68 % від загального припливу вод), що пов'язано з геологічними та тектонічними особливостями території. Відповідно головними джерелами надходження компонентів у склад шахтних вод є: поховані морські води (Na^+ , K^+ , Cl^-); процеси хімічного звітрювання і розчинення вапняків, доломітів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^{2-}); процеси окислення порід, що містять сульфіди (пірит) (вугілля та аргіліти) та сірку (вугілля) (SO_4^{2-}).

3) Встановлено, що у випадку спрацювання підземних вод нижньої частини серпухівського яруса (лишнянської та іваницької світ), шахтні води будуть формуватися внаслідок змішування підземних вод верхньої крейди (сенонаський водоносний комплекс) з підземними водами візейського яруса кам'яновугільної системи. Внаслідок цього якість шахтних вод погіршиться (мінералізація, вміст іонів натрію та калію, магнію та хлор-іонів зростатиме, а вміст кальцію на окремих шахтах збільшиться, на решта – зменшиться), що створить додаткове навантаження на довкілля району.

4) Виявлено, що шахтні води є одним із важливих чинників негативного впливу на стан компонентів річки Західний Буг. Розроблено сценарії функціонування природно-технічної системи «шахта – відстійник – природна водойма». Оптимізація функціонування даної системи припускає регулювання обсягів скидання мінералізованих шахтних вод відповідно до гідролого-гідрохімічних особливостей природної водойми – з метою мінімізації можливого рівня мінералізації. Розглядаючи різні варіанти скидання шахтних вод, доведено доцільність впровадження оптимального варіанту скидання для мінімізації впливу шахтних вод на річку Західний Буг. Запропоновано систему оптимального скидання шахтних вод: з відстійника с. Городище під час весняної повені максимально можливий скид – $0,24 \text{ m}^3/\text{s}$, у літньо-осінню межень – $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$, у зимову межень – $0,19 \text{ m}^3/\text{s}$; з відстійника м. Червоноград у весняну повінь – $0,23 \text{ m}^3/\text{s}$. Отже, простим перерозподілом протягом року скидання шахтних вод можна досягти сталості гідрохімічних характеристик річки Західний Буг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алекин О. А. Общая гидрохимия / О. А. Алекин. – Л.: Гидрометеоиздат, 1948. – 207 с.
2. Алекин О. А. Основы гидрохимии / О. А. Алекин. – Л.: Гидрометеоиздат, 1953. – 296 с.
3. Анциферов А. В. Газоносность и ресурсы метана угольных бассейнов Украины: монографія в 3 т. Т. II: Углегазовые и газовые месторождения Северо-Восточного Донбасса, окраин Большого Донбасса, ДДВ и Львовско-Волынского бассейна / А. В. Анциферов, А. А. Голубев, В. А. Канин, М. Г. Тиркель, Г. З. Задара, В. И. Узиюк, В. А. Анциферов, В. Г. Суярко. – Донецк: изд-во Вебер, 2010. – 478 с.
4. Архипов И. А. Добыча угля и рациональное природопользование / И. А. Архипов, Е. А. Ельчанинов, Л. Д. Горбачев. – М: Недра, 1987. – 285 с.
5. Белов В. И. Рудничный водоотлив (с атласом) / В. И. Белов. – Старино, 1927. – 110 с.
6. Белонин М. Д. Факторный анализ в геологии / М. Д. Белонин, В. А. Голубева, Г. Т. Скублов. – М.: Недра, 1982. – 269 с.
7. Білявський Г. О. Основи екології: теорія та практикум / Г. О. Білявський, Л. І. Бутченко. – Київ: Лібра, 2006. – 368 с.
8. Блок Н. И. Качественный химический анализ / Н. И. Блок. – М. Л.: ГНТИХЛ, 1952. – 666 с.
9. Бобровник Д. П. Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн / Д. П. Бобровник, Т. О. Болдирєва, А. М. Іщенко і ін. / під ред. П. Л. Шульги. – Київ: Видавництво Академії Наук Української РСР, 1962. – 145 с.
10. Большаков П. М. Подземные воды Барзасского района Кузбасса / П. М. Большаков. – Томск: Изд. Томского индустриального института, 1939. – Т. 60. – с. 95–127.

11. Букаты М. Б. Методы обработки гидрогеохимической информации / М. Б. Букаты, С. Л. Шварцев. – Томск: Изд. ТПИ, 1987. – 95 с.
12. Бутов П. И. Подземные воды Кузнецкого бассейна. Геология СССР / П. И. Бутов. – М. – Л., 1940. – Т. XVI. – 784 с.
13. Бучацька Г. М. Геохімічні та гідрогеохімічні особливості Червоноградського гірничопромислового району / Г. М. Бучацька // Вісник Львівського університету. Серія геологічна. – 2002. – Вип. 16. – С. 144–154.
14. Бучацька Г. М. Гідрогеологічні умови та гідрогеохімічна зональність Львівсько-Волинського вугільного басейну / Г. М. Бучацька // Вісник Львівського університету. Серія геологічна. – 2009. – Вип. 23. – С. 175–183.
15. Великанов В. А. Венд Украины / В. А. Великанов и др. – К.: Наукова думка, 1983. – 162 с.
16. Вдовенко М. В. О неостратотипах свит карбона Львовско-Волынского угольного бассейна / М. В. Вдовенко, В. И. Полетаев // Геол. журнал. – 1999. - №2. – С. 7–20.
17. Вишняков И. Б. Юго-западный край Восточно-Европейской платформы / И. Б. Вишняков, В. В. Глушко и др.// Минск: Наука и техника. – 1981. – С. 25–32.
18. Вишняков И. Б. Львовско-Любинский палеозойский прогиб / И. Б. Вишняков, Г. М. Помяновская, Л. Е. Фильшинский // Тектоника Волыно-Подолии / отв. ред. Чебаненко И. И. - К.: Наукова думка, 1990. – С . 169–177.
19. Вишняков И. Б. Мазовецко-Львовский меловой прогиб / И. Б. Вишняков, Г. // Тектоника Волыно-Подолии . - К.: Наукова думка, 1990. – С . 185–187.
20. Войтович С. П. Геохімічні особливості шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району / Войтович С.П. // Вісник Львівського Університету. - Серія геологічна. – 2013. – Вип. 27. – С.138–145.
21. Войтович С. П. Геохімічні особливості шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району / Войтович С. П.,

Сеньковський А. Ю. // Стан і перспективи сучасної геологічної освіти і науки: наук.конф. до 65-річчя геол. ф-ту ЛНУ ім. Ів. Франка, 13-15 жовтня 2010 р. : тези доповідей. – Львів, 2010. – С. 38–40.

22. Войтович С. П. Геохимические особенности шахтных вод угольных бассейнов Украины и России / С. П. Войтович // Молодой ученый. – 2015. – №23. – С. 395–397.

23. Войтович С. П. Геохімічні особливості підземних та шахтних вод вугільних басейнів України (на прикладі Червоноградського гірничопромислового району і Центрального Донбасу) / Войтович С.П. // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2015. – №2 (146). – С. 23–30.

24. Войтович С. П. Еколо-гідрогеохімічне районування Червоноградського гірничопромислового району / Войтович С.П. // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2015. – №1-2 (166 – 167). – С. 161–173.

25. Войтович С. П. Природа сезонних змін хімічного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району (Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн) / Войтович С.П. // Фундаментальне значення і прикладна роль геологічної освіти і науки: наук. конф. До 70-річчя геол. ф-ту ЛНУ ім. Ів. Франка, 7-9 жовтня 2015 р.: матеріали конференції. – Львів, 2015. – С. 39–40.

26. Войтович С. П. Сравнительная характеристика подземных и шахтных вод некоторых угольных бассейнов Украины и России / Войтович С. П.// Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. – 2016. - №2. – С. 42–46.

27. Войтович С. П. Часові зміни хімічного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району / Войтович С.П. // Вісник Київського національного університету. Геологія. – 2014. – №2(65). – С.57–62.

28. Войтович С. П. Шахтні води як один із чинників забруднення довкілля Червоноградського гірничопромислового району / Войтович С.П. // Мінералогічний збірник. – 2013. – №63. – Вип. 1. – С. 94–98.

29. Гавриленко В. А. Формування механізму організації обліку результатів екологічної діяльності вуглевидобувних підприємств / В. А. Гавриленко, О. В. Бичкова // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2014. - № 3 (13). – С. 87–93.
30. Гомеля Н. Д. Деминерализация шахтных вод / Н. Д. Гомеля, В. Н. Грабитченко, И. Н. Трус, Я. В. Радовенчик // Сборник тезисов 3-й Всероссийской интернет-конференции «Границы науки – 2014». – Казань. – 2014. – С. 504.
31. Гомеля Н. Д. Очистка воды от сульфатов известкованием при добавлении реагентов содержащих алюминий / Н. Д. Гомеля, И. Н. Трус, Ю. В. Носачева// Химия и технология воды. – 2014. - № 2. – С. 129–137.
32. Горная энциклопедия в 5 томах / по ред. Е. А. Козловского. – Советская энциклопедия, 1984 – 1990.
33. Горова А. І. Біоіндикаційна оцінка токсичності поверхневих водойм в зоні впливу Червоноградської групи шахт / А. І. Горова, С. Л. Кулима // Збірник матеріалів ІІ-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю, Вінниця: ФОП Данилюк, 2009. - С. 527–530.
34. Горючі корисні копалини України: Підручник/ В. А. Михайлов, М. В. Курило, В. Г. Омельченко, Л. С. Мончак, В. В. Огар, В. М. Загнітко, О. В. Омельчук, В. В. Шунько, В. М. Гулій. - К.: КНТ, 2009. - 376 С.
35. ГОСТ 2874 – 82. Вода питна. Гігієнічні вимоги і контроль за якістю.
36. Григорюк Е. В. Оценка возможности использования шахтных вод в ирригационных целях / Е. В. Григорюк, Г. Л. Майдуков, В. Д. Мартовицкий, Д. П. Родин // Уголь Украины. – 2004. – Вып. 7. – С. 37–39.
37. Демкин В. И. Комплексная переработка шахтных вод с использованием мембранные – сорбционных методов / В. И. Демкин, А. М. Навитний, И. Н. Гусев, А. А. Свитцов, Ю. В. Каплунов // Горный информационно – аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 9. – С. 311–315.

38. Дикий Я. М. Оцінка екологічного стану геологічного середовища Червоноградського гірничопромислового району і умов водопостачання / Я. М. Дикий. – Львів: ДГП «Західукргеологія», 1999. – 63 с.
39. Дмитриева Л. Н. Развитие геологических и других техногенных процессов на территории угледобывающих районов Луганской области // Тезисы докладов научной конференции: 210 лет начала систематического государственного геологического исследования Донбасса / Л. Н. Дмитриева, А. П. Ермак. – Донецк – Луганск: Издательство «Донбасс», 2011. – С. 57–59.
40. Долготер С. О. Застосування факторного аналізу для дослідження гідрохімічних показників якості води річок басейну Тиси // Матеріали XI наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ/ С. О. Долготер. – Одеський державний екологічний університет. – 2011. – С. 35.
41. Домрочева Е. В., Лепокурова О. Е., Сизиков Д. А. Геохимическая характеристика подземных вод Нарыкско-Осташкинской площади (Кузбасс) // Известия Томского политехнического университета. - 2014. - Т.325, №1. - С. 94–101.
42. Дузь А. И. Охрана среды и использование отходов угольного производства / А. И. Дузь, Б. В. Пичугин, Н. И. Дуденко. – Донецк: Донбас, 1990. – 110 с.
43. Екологічна енциклопедія. Том 1 / за ред.. А. В. Толстоухова. — К.: ТОВ "Центр екологічної освіти та інформації", 2006 . – 432 с.
44. Ершов В. З. Каменные угли Львовско-Волынского бассейна / под общ. ред. В. З. Ершова. – Львив: Высшая школа, 1978. – 175 с.
45. Забокрицька М. Р. Про сучасний гідрохімічний режим річки Західний Буг / М. Р. Забокрицька // Наукові праці УкрНДГНІ. - 2003. – Вип. 251. – С. 135–140.
46. Захарченко М. А. Использование энергосберегающих низкозатратных фитотехнологий для очистки шахтных вод / М. А. Захарченко, И. А. Рижикова // [Електронний ресурс]: Режим доступу

<http://phytoremediation.com.ua/ru/publikaczii/50-vikoristannya-energozbergayuchix-nizkozatratnix-ftotexnologj-dlya-ochishhennya-shaxtnix-vod.html>

47. Захарченко М. А. Внедрения елементов управляэмости в природные процессы самоочистки шахтных вод / М. А. Захарченко, М. В. Бабаев, О. А. Улицький // Комунальное хозяйство городов (Киев). - №27. – 2001. – С. 137–141.

48. Ильин С. В. Гидрогеологическая характеристика поля шахты и условия проходки ствола шахты №6 // Материалы карстовой конференции / С.В. Ильин. – М. – Л., 1935.

49. Исаков В. И. Причини внезапного увеличения притоков воды в шахты Львовско-Волынского бассейна / В. И. Исаков // Уголь Украины. – 1968. – Вып. 7. – С. 13–23.

50. Искендрог К. Г. Геологический факторный анализ / К. Г. Искендрог, Д. И. Клован, Р. А. Реймент. – Л.: Недра, 1980. – 223 с.

51. Каждан А. Б. Математические методы в геологии / А. Б. Каждан, О. И. Гуськов. – М.: Недра, 1990. – 251 с.

52. Карабин В. В. Сезонна мінливість вмісту головних іонів у водах річки Західний Буг / В. В. Карабин, С. В. Пиріжок // Матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства». – Львів: ЛДУ БЖД. – 2012. – С. 118–120.

53. Караев В. Я. Условия накопления и прорыва подземных вод в очистные забой шахт Львовско-Волынского бассейна / В. Я. Караев // Уголь Украины. – 1978. – Вып. 5. – С. 33–41.

54. Кейльгак К. Подземные воды / К. Кейльгак. – Л. – М. , 1935. – 534 с.

55. Кельманский М. С. Гидрогеология угольных копей Кизеловского карстового района на Урале и условия производства горных работ под водоносными карстами / М. С. Кельманский // Уголь. – 1938. - № 155 (11). – С. 31–43.

56. Кельманский М. С. Прорыв карстовых вод и затопления шахты им. Первого Мая / М. С. Кельманский // Уголь. – 1940. - №4-5. – С. 25–33.

57. Кеммер В. Н. О составе вод из шахт Донецкого бассейна / В. Н. Кеммер // Горний журнал. – 1923. – Вып. 3. – С. 13–21.
58. Клименко М. О. Моніторинг довкілля. Практикум / М. О. Клименко, Н. В. Кнорр, Ю. В. Пилипенко. – К.: Кондор, 2012. – 284 с.
59. Климентов П. П. Общая гидрогеология / П. П. Климентов, Г. Я. Богданов. – Москва: Недра, 1977. – 357 с.
60. Климентов П. П., Кононов В.М. Методика гидрогеологических исследований / П. П. Климентов, В. М. Кононов. - М.: Высшая школа, 1978. – 408 с.
61. Климентов П. П. Методика гидрогеологических исследований / П. П. Климентов. – М.: Высшая школа, 1967. – 421 с.
62. Книш І. Б. Геохімія мікроелементів у породах терикону шахти Візейська Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну / І. Б. Книш // Вісник Львівського ун-ту. Серія геологічна. – 2008. – Вип. 22. – С. 58–71.
63. Книш І. Б. Геохімія мікроелементів у породах терикону копальні Мажирічанська Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну / І. Б. Книш, В. В. Карабин // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2010. - № 3 – 4 (152 – 153). – С. 85–101.
64. Кравцов А. И. К вопросу о шахтных водах в Донецком бассейне / А. И. Кравцов // Уголь Украины. – 1939. – Вып. 9. – С. 43–52.
65. Кравцов А. И. Шахтная геология / А. И. Кравцов, А. А. Трофимов. – М.: Высшая школа, 1977. – 280 с.
66. Крайнов С. Р. Гидрогеохимия / С. Р. Крайнов, В. М. Швец. – М.: Недра, 1992. – 463 с.
67. Крамаренко А. А. Геоэкологические проблемы Донецкого бассейна // Тезисы докладов научной конференции: 210 лет начала систематического государственного геологического исследования Донбасса / А. А. Крамаренко, Е. С. Герасимов. – Донецк – Луганск: Издательство «Донбасс», 2011. – С. 80–81.

68. Кроїк Г. А. Закономірності процесів міграції і сорбції важких металів в місцях складування рідких відходів / Г. А. Кроїк, В. А. Білецька, Н. В. Білоус, Н. Є. Ящечко // Екологія і природокористування. – 2003. – Вип. 6. – С. 222–226.
69. Кушнирук В. А. Геологическое строение и тектонические особенности Львовско – Волынского каменноугольного бассейна / В. А. Кушнирук. – К.: Наукова думка, 1968. – 132 с.
70. Ладыженский В. Н. Фитотехнология – эффективный и экономичный метод очистки сточных вод, восстановления и поддержания качества природных вод [Электронний ресурс]: Режим доступу http://eo.net.ua/article_05.php
71. Лелик Б. И. Геологические особенности распространения редких и рассеянных элементов в угленосных отложениях Львовско-Волынского бассейна: автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук. – Львов, 1990. – 28 с.
72. Ліпінський В. М. Клімат України / В. М. Ліпінський, Д. Я. Дячук, В. М. Бабіченко. – К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
73. Лур'є Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю. Ю. Лур'є. – М.: Химия, 1984. – 448 с.
74. Маков К. И. Гидрогеология СССР: Подземные воды Украинской ССР. Выпуск VII / К. И. Маков. – Киев: Издательство академии наук Украинской ССР, 1947. – 621 с.
75. Мандрик В. О. Екологічні проблеми гірничодобувних підприємств Львівсько – Волинського вугільного басейну і шляхи їх вирішення / В. О. Мандрик // Науковий вісник. Український державний лісотехнічний університет. – 2004. – Вип. 14.7. – С. 347–350.
76. Масляк П. О. Географія України: підручник / П. О. Масляк, П. Г. Шищенко. – К.: Зодіак-ЕКО, 1996. – 432 с.
77. Матвеев А. К. Геология угольных месторождений СССР / А. К. Матвеев, В. М. Власов, М. В. Голицин и др. – М.: Изд – во МГУ, 1990. – 350 с.

78. Матлак Е. С. Аналіз проблеми демінералізації шахтних вод і перспективних напрямів їх розв'язання / Е. С. Матлак, Е. Л. Огородник // Проблеми екології: Загальнодержавний науково-технічний журнал. – Донецьк, ДВНЗ «ДонНТУ». – 2011. – № 1 – 2. – С. 3–11.
79. Мироненко В. А. Горнопромисленная гидрогеология / В. А. Мироненко, Е. В. Мольський, В. Г. Румынин. - М: Недра, 1989. - 287 с.
80. Мироненко В. А. Охрана подземных вод в горнодобывающих районах / В. А. Мироненко, В. Г. Румынин, В. К. Учаев. – Л.: Недра, 1980. – 320 с.
81. Момчилов В. С. Защита шахт от подземных вод / В. С. Момчилов. - М.: Недра, 1989. – 189 с.
82. Монгайт И. Л. Очистка шахтных вод / И. Л. Монгайт, К. Д. Текиниди, Г. И. Николадзе. – М.: Недра, 1978. – 173 с.
83. Набиванець Б. Й. Аналітична хімія природного середовища / Б. Й. Набиванець, В. В. Сухан, Л. В. Калабіна. – К.: Либідь, 1996. – 301 с.
84. Навитний А. М. О ликвидации вредного влияния подземных шахтных вод на гидросферу земной поверхности / А. М. Навитний // Уголь. - 2006. - С. 60–63.
85. Нагорний Ю. М. Геологія вугільних родовищ / Ю. М. Нагорний, В. М. Нагорний, В. Ф. Приходченко. – Дніпропетровськ: НГУ, 2005. – 338 с.
86. Нансен И. Практика планового высушивания буроугольного месторождения / И. Нансен // Уголь. – 1931. – С. 25–34.
87. Натарав В. Д. Шахтні води Криворізького басейну і можливості їх використання в бальнеологічних цілях / В. Д. Натарав, В. В. Натарав // Геологічний журнал. Видавництво Академії наук Української РСР. – 1960. – Том XX. – Вип. 4. – С. 79–83.
88. Нейко Є. М. Медико-геоекологічний аналіз стану довкілля як інструмент оцінки та контролю здоров'я населення / Є. М. Нейко, Г. І. Рудько, Н. І. Смоляр. – Івано – Франківськ: Екор, 2001. – 350 с.

89. Никаноров А. М. Гидрохимия / А. М. Никаноров. – Санкт – Петербург: Гидрометеоиздат, 2001. – 444 с.
90. Николин В. И. Охрана окружающей среды в горной промышленности / В. И. Николин, Е. С. Матлак. - К. – Донецк: Вища школа. Головное изд-во, 1987. – 192 с.
91. ОАО «Донгипрошахт» [Електронний ресурс]: Режим доступу www.dgsh.donetsk.ua
92. Огильви А. Н. Минеральные источники района Кавказских минеральных вод и их происхождения / А. Н. Огильви. – Пятигорск: Севкавгиз, 1935. – 72 с.
93. Огильви Н. А. О разбавлении загрязненного потока грунтовых вод / Н. А. Огильви // III Всесоюзной симпозиум по вопросам самоочищения водоемов и смешения сточных вод: материалы симпозиума. – М.; Таллин: ТЛИ, 1969. – С. 162–167.
94. Ольшанская Л. Н. Фиторемедиационные энергосберегающие технологии в решении проблем загрязнения гидросферы / Л. Н. Ольшанская, Н. А. Собгайда, М. Л. Русских, Р. Ш. Валиев, О. А. Арефьева // Инноватика и экспертиза. – 2012. – Вып. 2 (9). – С. 166–172.
95. Осипов П. Д. К вопросу борьбы с шахтными водами (о прорыве воды на гор. 260м. ш. МЮД Чубаревского рудника в Кривбассе и способе вскрытия водоносных пород на новом, более глубоком горизонте этой шахты) / П. Д. Осипов // Горный журнал. – 1937. - №9. – С. 41–52.
96. Основи аналітичної хімії. Книжка 1 / під ред. академіка Ю. А. Золотова. – М.: Вища школа, 2002. – 384 с.
97. Основи аналітичної хімії. Книжка 2 / під ред. академіка Ю. А. Золотова. – М.: Вища школа, 2002. – 462 с.
98. Островский С. Б. Разработка угольных месторождений Львовско-Волынского бассейна / С. Б. Островский, М. Е. Тихонов. – М.: Недра, 1967. – 188 с.

99. Очистка шахтных вод на предприятиях угольной промышленности: научные труды / по ред. Б. Б. Немковского. - Пермский научно – исследовательський угольный институт. – Пермское книжное издательство, 1973. – С. 3–15, С. 43–49.
100. Паламарчук М. М. Водний фонд України: довідковий посібник / М. М. Паламарчук, Н. Б. Закорчевна. – К.: Ніка – центр, 2001. – 392 с.
101. Паньків Р. Екологічна оцінка якості вод верхньої частини басейну Західного Бугу / Р. Паньків, М. Кость, І. Сахнюк, В. Гарасимчук, О. Майкут, Р. Козак, О. Пальчикова // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2013. – № 1 – 2 (162 – 163). – С. 107–116.
102. Парубов А. Г. Очистка шахтных и карьерных вод. Методология постановки и решения задачи. / А. Г. Парубов, К. А. Любич. – Новосибирск: Гормашэкспорт, 2011. – 26 с.
103. Пашков А. П. Проблеми екологічної безпеки та запобігання змінам клімату у Донецько – Придніпровському регіоні / А. П. Пашков, Ю. С. Геращенко // Культура безпеки, екології та здоров'я. – 2010. – №4. – С. 24–27.
104. Пелешенко В. И. Применения вероятносто – статистических методов для анализа гидрохимических данных / В. И. Пелешенко, М. И. Ромась. – К.: ИПЦ «Киев. ун-т», 1977. – 64 с.
105. Перельман А. И. Геохимия / А. И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1989. – 531 с.
106. Перельман А. И. Геохимия природных вод / А. И. Перельман. – М.: Наука, 1982. – 154 с.
107. Петрова Л. О. Вплив на навколошне середовище відходів вуглевидобутку і вуглепереробки / Л. О. Петрова // Геологічний журнал. – 2002. - №2. – С. 81–87.
108. Пилипенко И. М. Оценка естественной защищенности подземных вод по гидрохимическим критериям / И. М. Пилипенко // Висн. Харк. ун –ту. Геология – география – экология. – 1998. - №402. – 226 с.

109. Питьєва К. Е. Практикум по гидрогеохимии / К. Е. Питьєва, С. А. Брусиловський, Л. Ю. Вострикова, С. М. Чесалов. – М.: МГУ, 1984. – 254 с.
110. Питьєва К. Е. Гидрогеохимические аспекты охраны геологической среды / К. Е. Питьєва. – М.: Наука, 1984. – 222 с.
111. Плотников И. И. Подземные воды рудных месторождений / Н. И. Плотников, М. В. Сыроватко, Д. И. Щеголев; под науч. ред. проф. Д. И. Щеголева. - М.: Металлургиздат, 1957. – 614 с.
112. Плотников О. В. Екологічні, геологічні та економічні фактори розвитку сировинної бази Криворізького залізорудного району / О. В. Плотников, О. В. Криворучкіна // Геолого – мінералогічний вісник. – 2003. – №2. – С. 5–20.
113. Попов В. М. Водоотливные установки: справочное пособия / В. М. Попов. – М.: Недра, 1990. – 304 с.
114. Попович В. В. Про порушення гідрогеологічного режиму гірничодобувних територій унаслідок закриття шахт / В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України. – 2008. – Вип. 18.6. – С. 87–93.
115. Посохов Е. В. Общая гидрохимия / Е. В. Посохов. – Л.: Недра, 1975. – 207 с.
116. Природа Львівської області / за редакцією професора К. І. Геренчука. – Львів: Вища школа, 1981. – 156 с.
117. Прядко Н. Я. Природоохранные мероприятия во Львовско-Волынском бассейне / Н. Я. Прядко, Б. Н. Руднев, О. А. Спивак // Уголь Украины. – 2001. – Вып. 6. – С. 14–18.
118. Рижков I. Ю. Еколого-економічна оцінка можливостей використання підземних шахтних вод для питних вод потреб / I. Ю. Рижков // Економіка природокористування і охорони довкілля. – 2012. – С. 267–273.
119. Рогов Г. М., Плевако Г. А., Соломко Л. А. К вопросу гидрогеологии Кузнецкого бассейна / Г. М. Рогов, Г. А. Плевако, Л. А. Соломко // Известия Томского ордена трудового красного знамени политехнического института имени С. М. Кирова. - 1964., Том 127, в. 2. – С.120–123.

120. Ромась Н. И. Исследование вероятностно – статистических закономерностей распределения химических компонентов в атмосферных осадках на территории Украины / Н. И. Ромась // Вестн. Киев. ун – та. Сер. География. – 1979. – Вып. 21. – С. 43–48.
121. Ромась М. І. Оцінка умов формування концентрацій важких металів із використанням кореляційного аналізу (на прикладі річок бассейну Дніпра) / М. І. Ромась, В. К. Хільчевський, С. О. Сілевич, І. О. Шевчук // Наук. праці Укр НДГМІ. – 2003. – Вип. 252. – С. 60–65.
122. Руденко Ф. А. Гидрогеология СССР. Том V / под ред. Ф. А. Руденка, И. А. Месяца, И. П. Солякова – М.: Недра, 1971. – 614 с.
123. Самарина В. С. Гидрохимия / В. С. Самарина. – Ленинград: Издательство Ленинградского университета, 1977. – 360 с.
124. СанПин №4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. Министерство здравоохранения СССР, Москва, 1988 г.
125. Сауков А. А. Геохимия / А. А. Сауков. – Госгеолтехиздат, 1952. – 480 с.
126. Северов Н. И. О шахтных водах западной и центральной частей Донбасса // Материалы к гидрогеологии Донецкого бассейна / Н. И. Северов. – М. – Л., 1929. – Вып. 1. – С. 9–16.
127. Сергеев А. С. Инструкция для гидрогеологических наблюдений и документации в шахтах Подмосковного бассейна в связи с работами по осушению / А. С. Сергеев, Д. Д. Беляев. – М.-Л., 1936. – 123 с.
128. Скабалланович И. А. Инженерная геология, гидрогеология и осушение месторождений / И. А. Скабалланович, В. Т. Осауленко. – М.: Недра, 1989. – 197 с.
129. Скробов С. А. Основные установки по проектированию осушения шахт Подмосковного бассейна / С. А. Скробов, В. С. Яблоков // Горный журнал. – 1938. - №2. – С. 15–21.

130. Слесарев В. Д. Вопросы управления кровлей. Часть 1. / В. Д. Слесарев. – М.–Л. , 1936. – 223 с.
131. Слесарев В. Д. Вопросы управления кровлей. Часть 2. / В. Д. Слесарев. – М.–Л. , 1936. – 223 с.
132. Слесарев В. Д. Вопросы управления кровлей. Часть 3. / В. Д. Слесарев. – М.–Л. , 1936. – 223 с.
133. Сляднев В. Я. Методологический подход к еколого – економической оценке влияния закрытия шахт на подземные воды / В. Я. Сляднев // Уголь України. – 2004. – Вып. 7. – С. 39–41.
134. Сніжко С. І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем: монографія / С. І. Сніжко. – К.: Ніка – Центр, 2006. – 284 с.
135. Соботович Э. В. Изотопно – геохимические методы оценки степени взаимосвязи подземных и поверхностных вод / Э. В. Соботович. – Киев: Наукова Думка, 1977. – 152 с.
136. Стасюк І. І. Сокальщина. Природа і господарство / І. І. Стасюк. – Львів: ВТНЛ, 1999. – 52 с.
137. Струев М. И. Львовско-Волынский бассейн: Геолого-промышленный очерк / Струев М. И., Исаков В. И., Шпакова В. Б. и др. – К., 1984. – 273с.
138. Суярко В. Г. Можливості використання підземних і шахтних вод Донбасу як гідромінеральної сировини / В. Г. Суярко, І. К. Решетов, К. О. Безрук // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2007. - № 3. – С. 7–12.
139. Суярко В. Г. Гідрогеохімія (геохімія підземних вод) / В. Г. Суярко. – Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010. – 112 с.
140. Суярко В. Г. Геохимия подземных вод восточной части Днепровско-Донецкого авлакогена / В. Г. Суярко. – Харьков: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2006. – 225с.
141. Суярко В. Г. Перспективи очищення та захоронення технологічних та шахтних вод / В. Г. Суярко, О. А. Улицький // Донецький вісник наукового

товариства ім. Шевченка. Точні науки. Техніка. Гірництво. - 2010. - Т. 29. – С. 83–86.

142. Тарасова Е. А. Химический состав шахтных вод Донецко — Макеевского района Донбасса и новые методы его прогнозирования / Е. А. Тарасова, Ю. А. Проскурня // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Гірничо — геологічна». – 2007. – Вип. 112. – Том 1. – С. 38–42.

143. Тихомиров В. В. Практикум по инженерной гидрогеологии / В. В. Тихомиров, И. В. Болотников. – Ленинград: Ленинградский гидрометеорологический інститут, 1990. – 253 с.

144. Торский П. Н. О шахтных водах рудников Кривого Рога / П. Н. Торский // Горный журнал. – 1939. – №10-11. – С. 34–42.

145. Троянский С. В. О комплексной эксплоатации обводненных месторождений Подмосковного угольного бассейна / С. В. Троянский // Уголь. – 1939. - № 4-5. – С. 27–33.

146. Троянский С. В. Методика проектирования осушения на шахтах Подмосковного угольного бассейна // Труды Всесоюзной конторы спец. геол. картирования / С. В. Троянский, Д. Д. Беляев. – М. - Л., 1939. – Вып. 5. – С. 17–24.

147. Трупак Н. Г. Искусственное замораживание при прохождении горных выработок / Н. Г. Трупак // Метрострой. – 1933. - №4. – С. 37–46.

148. Трус І. М. Застосування алюмінієвих коагулянтів для очищення стічних вод від сульфатів при їх пом'якшенні / І. М. Трус, В. М. Грабітченко, М. Д. Гомеля // Восточно – Європейский журнал передовых технологій. – 2012. - № 6/10(60). – С. 13–17.

149. Улицький О. А. Геохімічні особливості шахтних вод Донбасу / О. А. Улицький // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Серія: Геологія. Географія. Екологія. – 2009. - Вип.31. – С.79–82.

150. Улицький О. А. Мікроелементи у шахтних водах Донбасу / О. А. Улицький // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Серія: Геологія. Географія. Екологія. – 2009. – Вип. 30. – С. 237–243.
151. Харкевич В. В. Проблема охорони водних ресурсів Західного регіону України / В. В. Харкевич, П. М. Ніколенко // Екологія. Право. Людина. – 2013. - № 19 – 20. – С. 77–93.
152. Цыцарин Г. В. Введение в гидрохимию. Учебное пособие для студентов – гидрологов / Г. В. Цыцарин. – Издательство Московского университета, 1988. – 104 с.
153. Черепенникова Т. А. Шахтные воды восточной части Донецкого бассейна // Материалы к гидрогеологии Донецкого бассейна / Т. А. Черепенникова. – М. – Л., 1929. – Вып. 1. – С. 150–164.
154. Чомко Д. Ф. Використання факторного аналізу для прогнозування розповсюдження забруднення підземних вод / Д. Ф. Чомко // Вісник КНУ. Геологія. – 2007. – №40. – С.28–30.
155. Шаблий О. И. Львовская область. Атлас / О. И. Шаблий, М. З. Мальский, И. И. Ровенчак. – М.: ГУГК, 1989. – 40 с.
156. Шахтные воды угольной промышленности / Всесоюз. науч. – исслед. и проектно – конструкт. ин-т охраны окружающей природной среды в угольной промышленности (ВНИИОС уголь). – Пермь, 1989. – Ч. 1. – 134 с.
157. Шахтные воды угольной промышленности / Всесоюз. науч. – исслед. и проектно – конструкт. ин-т охраны окружающей природной среды в угольной промышленности (ВНИИОС уголь). – Пермь, 1989. – Ч. 2. – 109 с.
158. Шахтные воды угольной промышленности / Всесоюз. науч. – исслед. и проектно – конструкт. ин-т охраны окружающей природной среды в угольной промышленности (ВНИИОС уголь). – Пермь, 1989. – Ч. 3. – 111 с.
159. Шваров Ю. В. Методы геохимического моделирования и прогнозирования в гидрогеологии / под ред. С. Р. Крайнова. – М.: Недра, 1988. – 254 с.

160. Шварцев С. Л., Домрочева Е. В., Рассказов Н. М. Геохимия и формирование содовых вод Кузбасса / С. Л. Шварцев, Е. В. Домрочева, Н. М. Рассказов // Известия Томского политехнического университета. - 2011. Т.318. №1. – С. 128–134.
161. Шевченко О. А. Перспективи використання підземних і шахтних вод Донбасу як гідромінеральну сировину / О. А. Шевченко // Звістки Донецького гірського інституту. – 1995. - № 1. – С. 68–70.
162. Шевченко О. А. До питання геохімії германія у вугіллях і шахтних водах Донбасу / О. А. Шевченко, Н. Г. Бреус, К. А. Жук // Збірник інформаційних матеріалів III міжнародної конференції «Шляхетні і рідкі метали». – 2000. – С. 115.
163. Шевченко О. А. Можливість використання вугілля та шахтних вод Донбасу в якості мінеральної сировини на рідкісні елементи / О. А. Шевченко, Н. Г. Бреус // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Геологія та розвідка нафтових і газових родовищ. Розвідувальна та промислова геофізика. – Івано-франківськ, 2000. – Вип. 37 (том 1). – С. 20–22.
164. Шевченко О. А. Оцінка статистичних параметрів розподілу і кореляційний зв'язок мікроелементів у підземних і шахтних водах південно – західної частини Донбасу / О. А. Шевченко, Т. С. Шевченко // Звістки Донецького гірського інституту. – 2000. – № 2. – С. 66–72.
165. Шевченко О. А. Біологічно активні елементи шахтних вод Донецької області / О. А. Шевченко, Б. С. Панів, Ю. А. Прокурня, С. В. Киященко // Геологія вугільних родовищ. – Єкатеринбург, 2001. – С. 280–283.
166. Шевченко О. А. Оцінка хімічного складу шахтних вод Донецької області з погляду їхнього негативного впливу на навколошнє середовище / О. А. Шевченко // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія гірниче – геологічна. – 2001. – Вип. 36. – С. 47–52.
167. Шевяков Л. Д. Рудничный водоотлив / Л. Д. Шевяков. – Харьков – Киев: Гос. науч.-техн. изд. Украины, 1934. – 191 с.

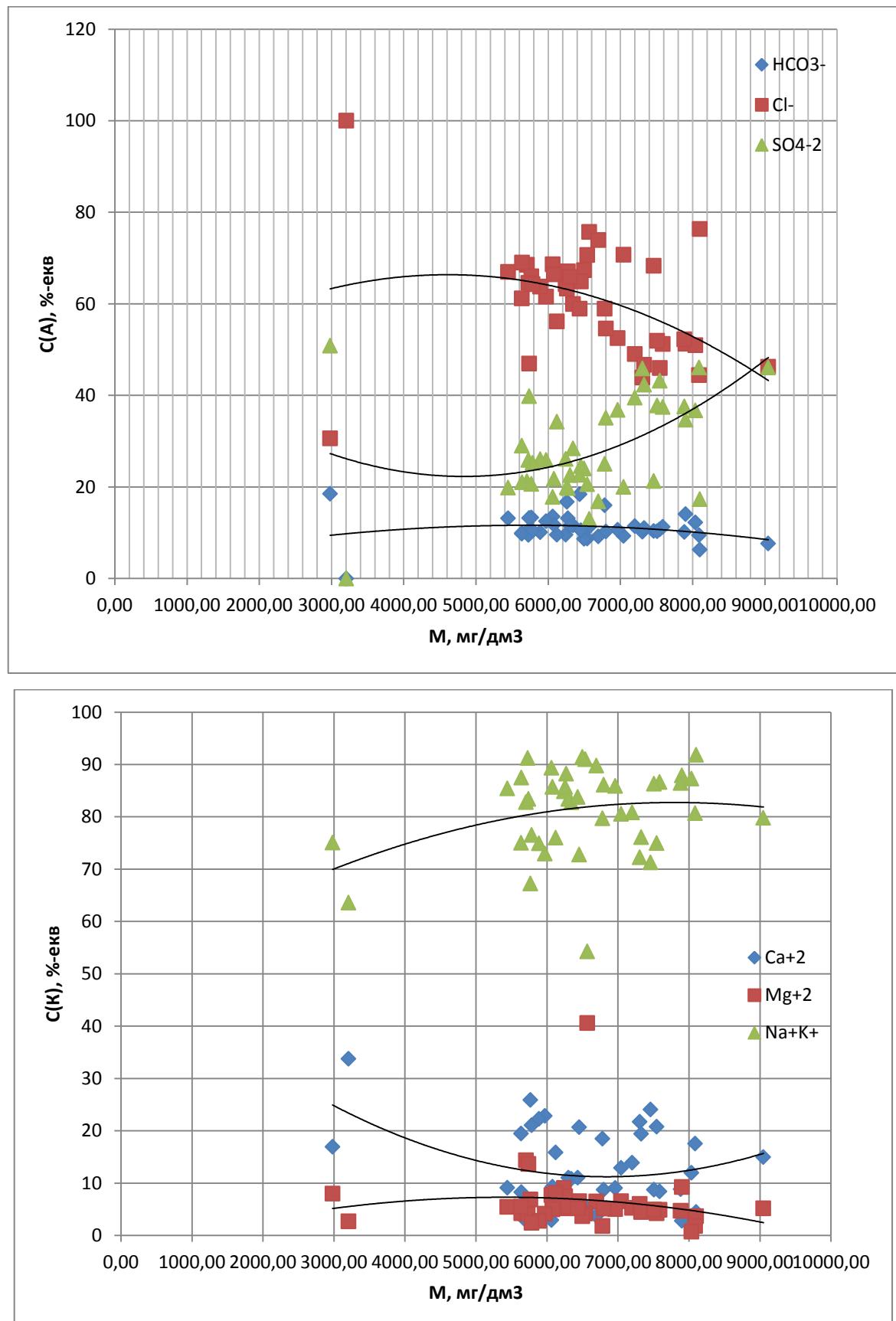
168. Шевяков Л. Д. Шахтный водоотлив, издание 4-е, переработанное / Л. Д. Шевяков, А. Н. Бредихин. - М.: Углехиздат, 1954. – 283 с.
169. Шевяков Л.Д. Шахтный водоотлив, издание 5-е, переработане / Л. Д. Шевяков, А. Н. – М: Госгортехиздат, 1960. – 349 с.
170. Шестаков Ю. Г. Математические методы в геологии / Ю. Г. Шестаков. – Красноярск: Издательство Красноярского ун-та, 1988. – 208 с.
171. Шишкина Л. А. Гидрохимия / Л. А. Шишкина. - Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 287 с.
172. Штогрин О. Д. Підземні води західних областей України / за ред. О. Д. Штогрина і К. С. Гавриленка. – К.: Наукова думка, 1968. – 316 с.
173. Шульга В. Ф. Карбоновые угленосные отложения северного продолжения Большого Львовско-Волынского бассейна / В. Ф. Шульга, О. И. Берченко, М. В. Вдовенко // Геологичний журнал. – 1999. - №4. – С.33–44.
174. Щеголев Д. И. Рудничные воды / Д. И. Щеголев. - Углехиздат Западугля, 1948. – 143 с.
175. Щеголев Д. И. Вопросы гидрогеологии рудника / Д. И. Щеголев. – М. – Л.: Госгеолиздат, 1940. – 36 с.
176. Щеголев Д. И. Бахмутский (II) гидрогеологический район. Гидрогеол. очерк Донецкого бассейна / Д. И. Щеголев. - (Сборн.) ГГГУ, Инст. подземных вод, 1930. – 56 с.
177. Щеголев Д. И. Геологическое строение и гидрогеологические условия осадочной толщи КМА / Д. И. Щеголев, Н. Д. Краснопевцев // Проблемы советской геологии. – 1934. - №10. – С. 42–49.
178. Щегульна Я. О. Особливості хімічного складу та якості води річок басейну Південного Бугу / Я. О. Щегульна, В. М. Савицький // Науковий вісник Чернівецького університету. Вип.: Географія — 2013. — №655. — С. 93–97.
179. Юрташкина Л. В. Исследования состава и свойств карьерных вод разрезов Кузбасса для оценки их утилизируемости: автореф. дис. канд. техн. наук. – Кемерово, 2005. – 21 с.

180. Яковлев Е. А. Шахтные воды – екологічно-гидрогеологіческий фактор горнопромисленных регионов / Е. А. Яковлев, В. Я. Сляднев, Н. А. Юркова // Уголь України. – 200. – Вып. 6. – С. 18–20.
181. Янишин С. Природні умови як один з основних чинників формування гідрологічного і гідрохімічного режиму річок басейну Західного Бугу / С. Янишин // Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер : Агрономія. – 2013. – № 17(1). – С. 93–100.
182. Ярош Ю. В. Хімізм шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району як один із чинників негативного впливу на геологічне середовище / Ю. В. Ярош, В. В. Харкевич // Вісник Львівського університету. Серія геологічна. – 2003. – Вип. 17. – С. 137–147.
183. Borczak S. The hydrogeological properties of the matrix of the chalk in the Lublin coal basin (southeast Poland) / S. Borczak, J. Motyka, Bosh Pulido// Hydrol. Sci. Journ. - 1990. – 5. – P. 523–534.
184. Gazda L. Hydrogeochemical Environment in the Lublin Coal Basin in East-Central Poland / L. Gazda, Z. Krzowski // Proceedings, 4th International Mine Water Association Congress. – 1991. – 1. – P. 61–63.
185. Michalczyk Z. The hydrological consequences of human impact in the Lublin Region / Z. Michalczyk, K. Mięsiak-Wojcik, J. Sposob, M. Turczynski // Annales UMCS, Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia. - 2012(1). – P. 63–78.
186. Michalczyk Z. Anthropogenic changes in water conditions in the Lublin Area / Z. Michalczyk, M – J. Los // Geographia Polonica. – 1997. – 68. – P. 81–97.
187. Rozkowski A. Coal mine water chemistry (Upper Silesian Coal Basin, Poland) / A. Rozkowski // Proceedings of the 7th International Mine Water Association Congress on Mine Water and the Environment. – 2000. – P. 634–644.
188. Rozkowski A. Hydrogeological problems of carboniferous coal basin in Poland / A. Rozkowski // Przegl. Geol. – 1987. -5. – P. 268–274.

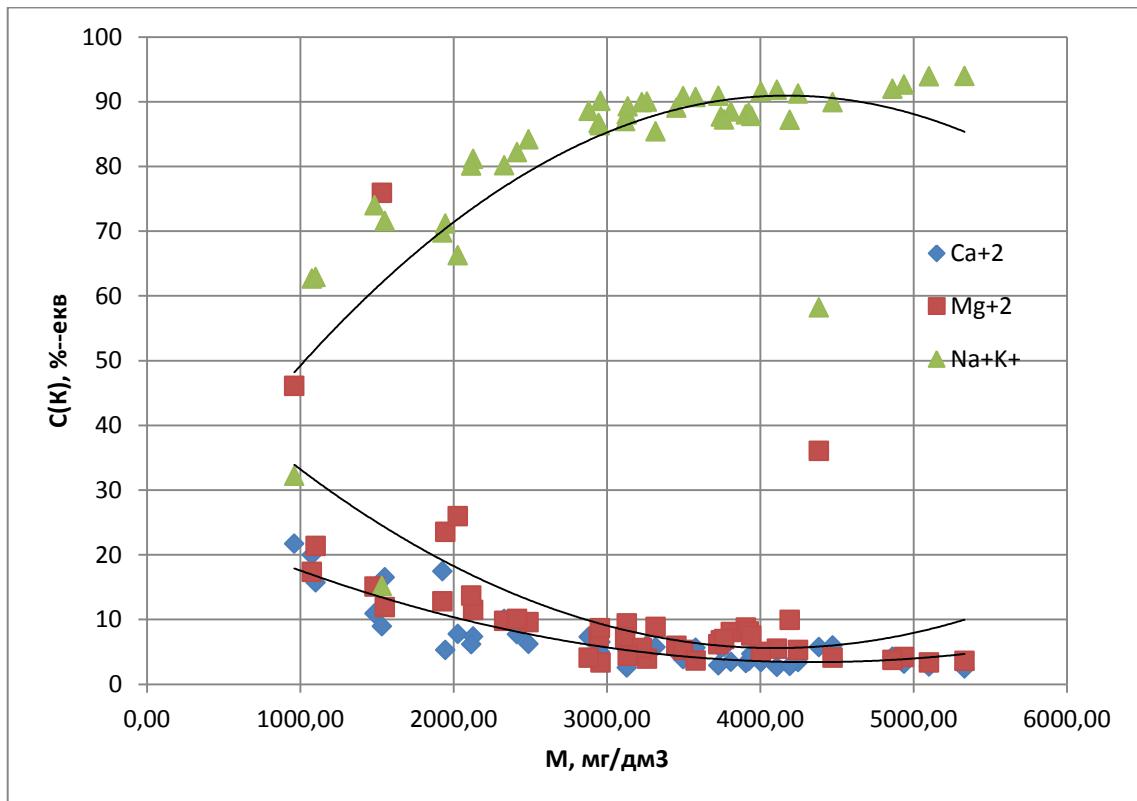
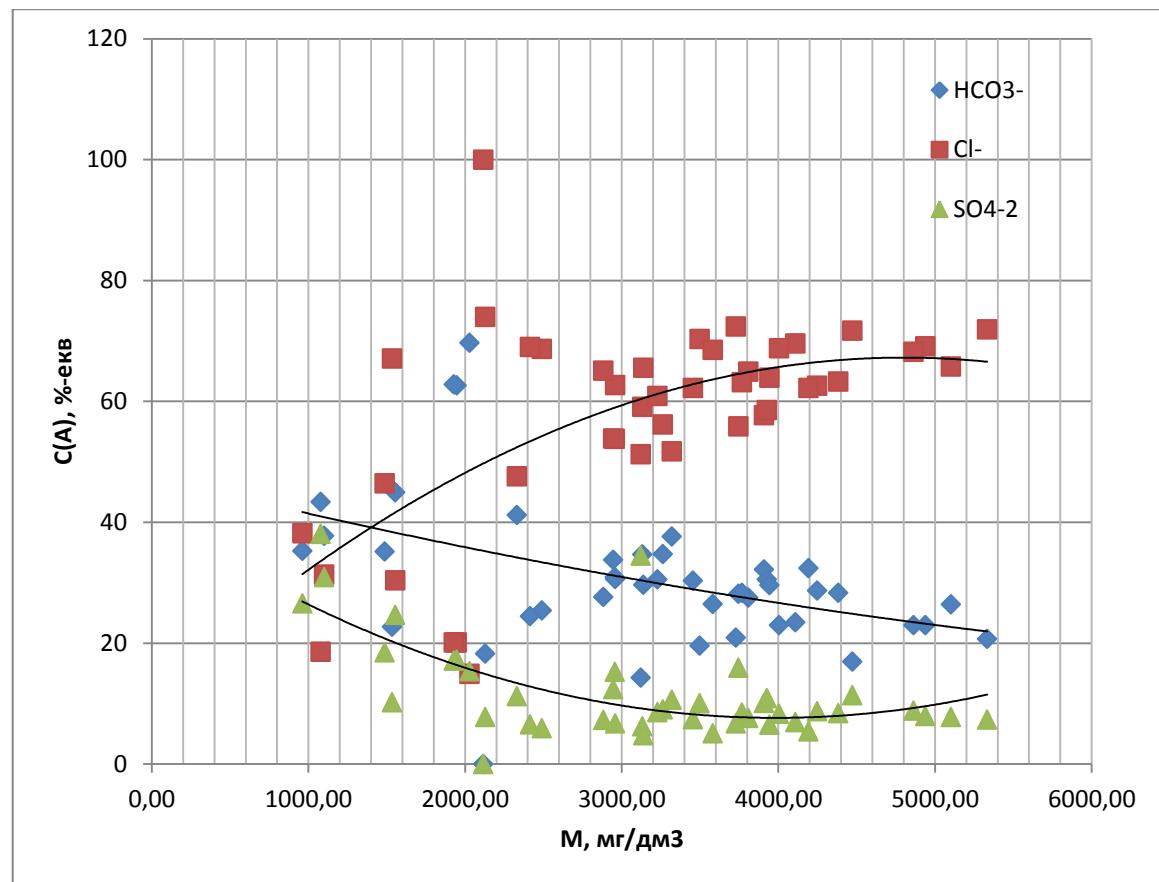
189. Rozkowski A. Hydrogeochemicalzonality in the Lublin Goal Basin / A. Rozkowski, T. Rudzinska // Intern.Sypos.Hydrogeochemistry of Mineralized Waters.Cieplice Spa. – 1978. – P. 239–246.
190. Rozkowski A. Model hydrogeologiczny Centralnego I Polnocnego Okregu Weglowego w Lubelskim Zaglebiu Weglowym / A. Rozkowski, T. Rudzinska // Kwart. Geol. – 1978. – 2. – P. 395–413.
191. Rozkowski A. Origin of ground waters in Upper Silesian and Lublin Coal Basins (in Polish) / A. Rozkowski, T. Rudzinska // Pryegl. Geol. – 1983. – 6. – P. 370–377.
192. Rozkowski A. Hydrogeology of the Lublin Coal Basin (Poland) / A. Rozkowski, Z. Wilk // International Mine Water Association Symposium – Hydrogeology of Coal Basins. –1987. – P. 383–401.
193. Voitovych S. P. Geochemistry of mine waters in Chervonograd Mining Region / Svitlana Voitovych, Andriy Senkovsky // 3rd Intern. Students Geol. Conf.: abstracts. - Lviv: Ivan Franko National University of Lviv, 2012. – P. 44–45.
194. Voitovych S. P. Mine waters as one of the factors of pollution of the environment in Chervonograd mining industrial area / Svitlana Voitovych / 4th Intern. Students Geol. Conf.: Conf. Proceed. – Brno : Masarykova univerzita, 2013. – P. 147.

ДОДАТКИ

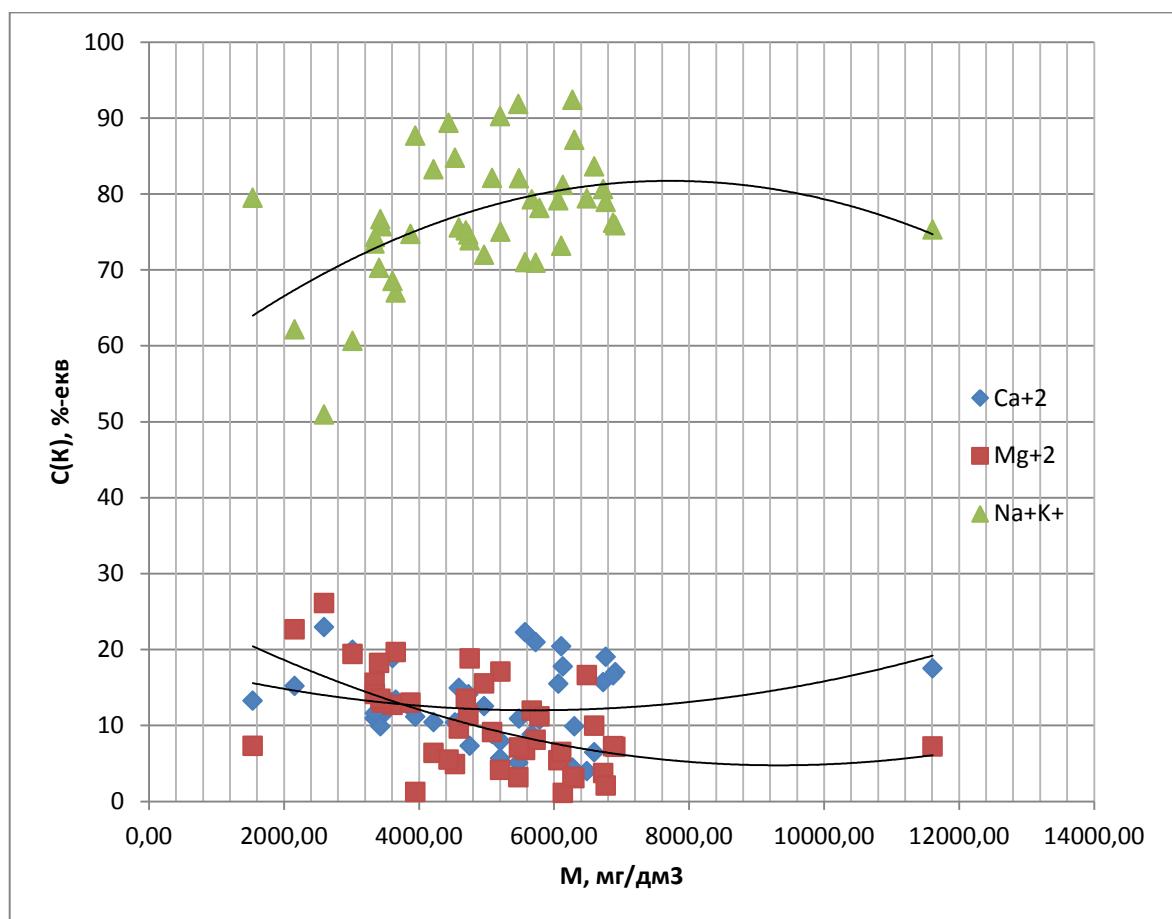
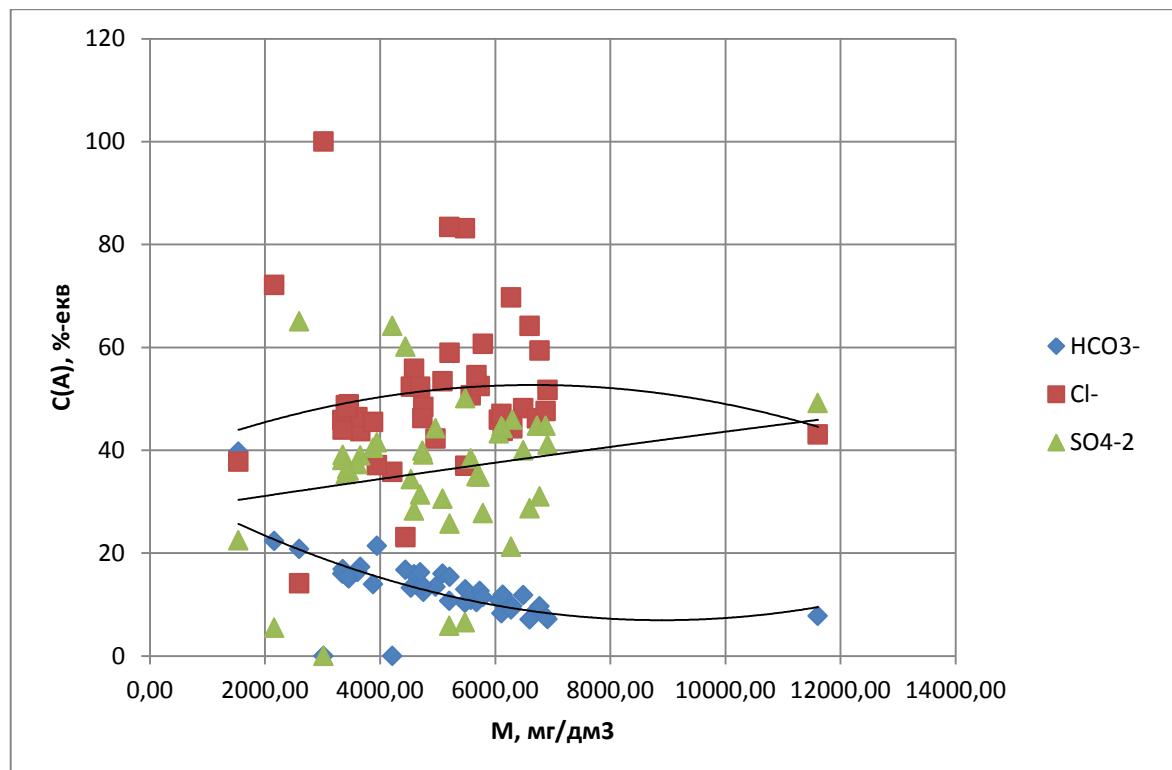
Додаток А



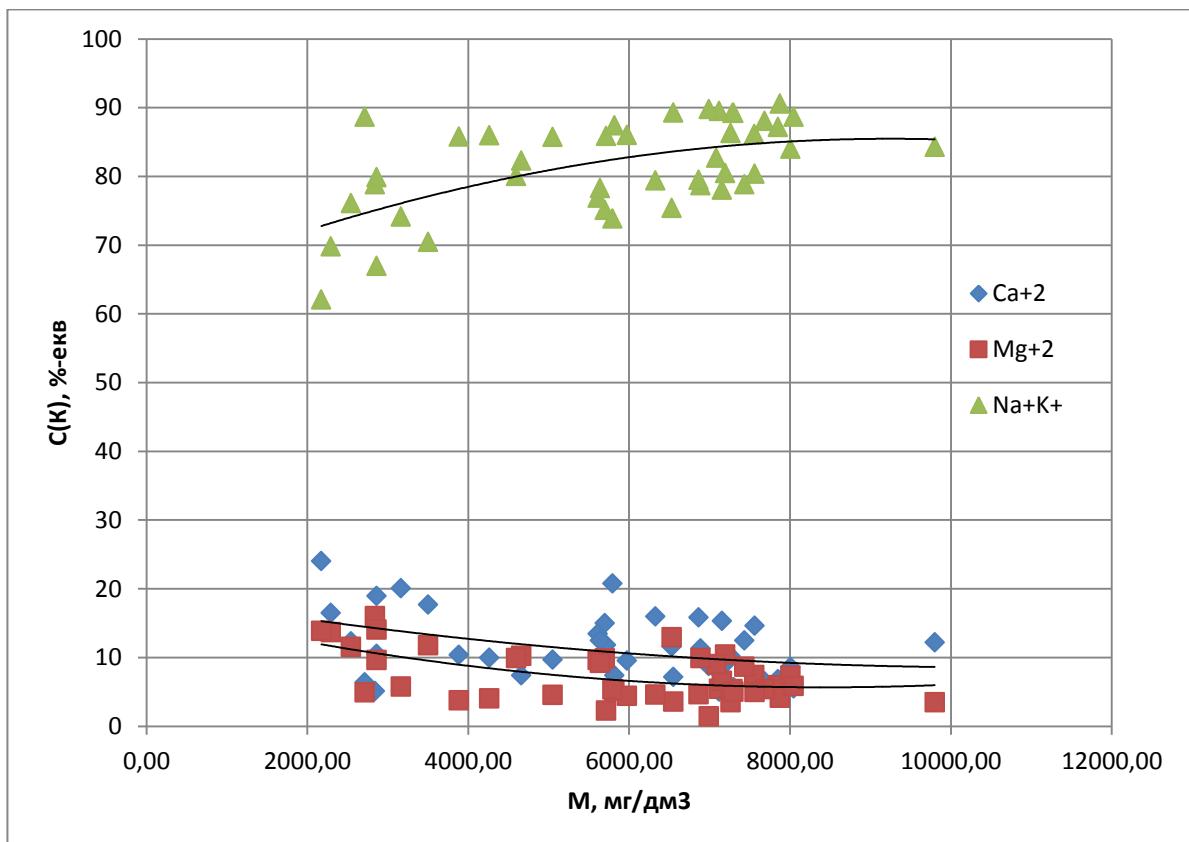
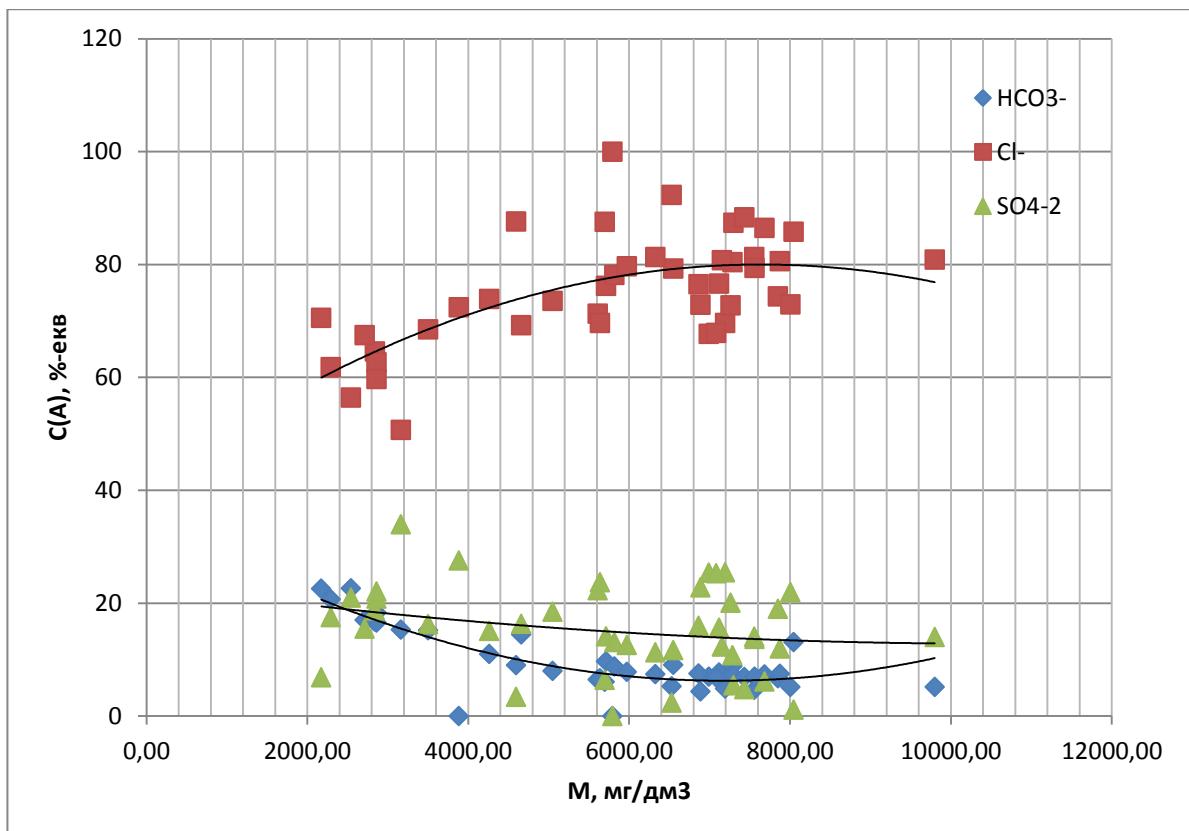
Концентраційні криві макрокомпонентів хімічного складу
для шахтних вод 1ВМ



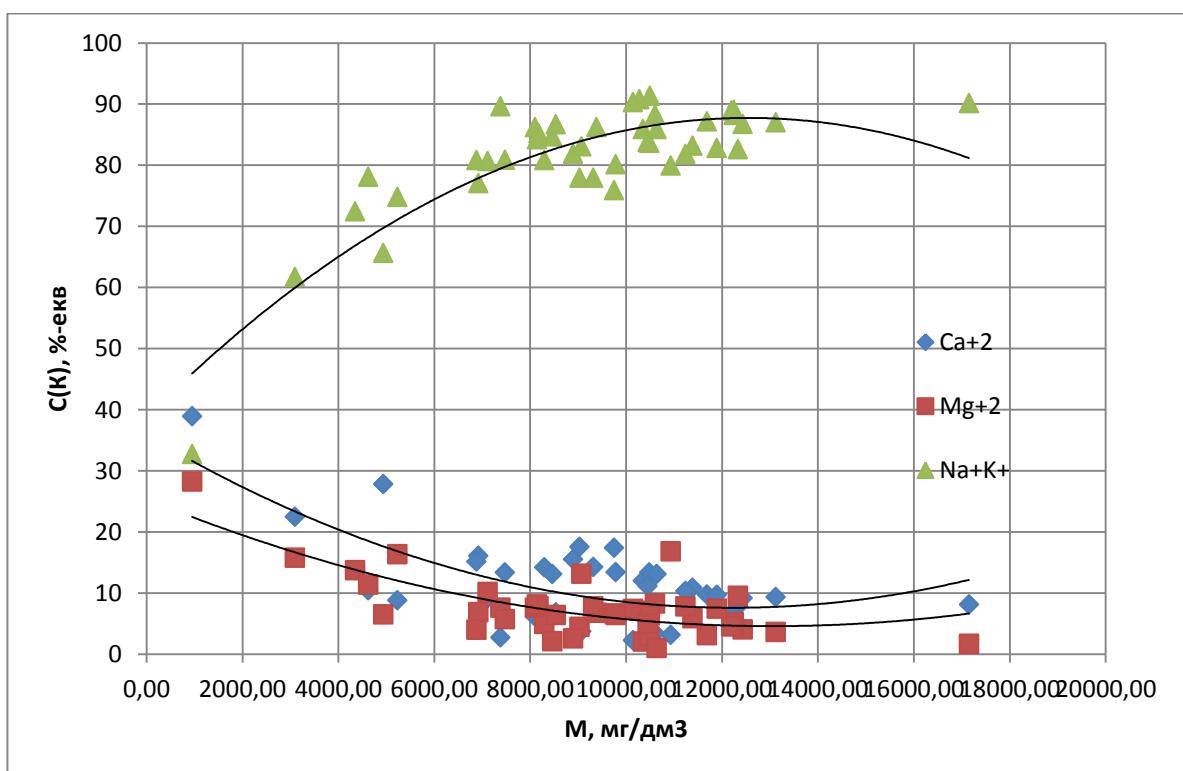
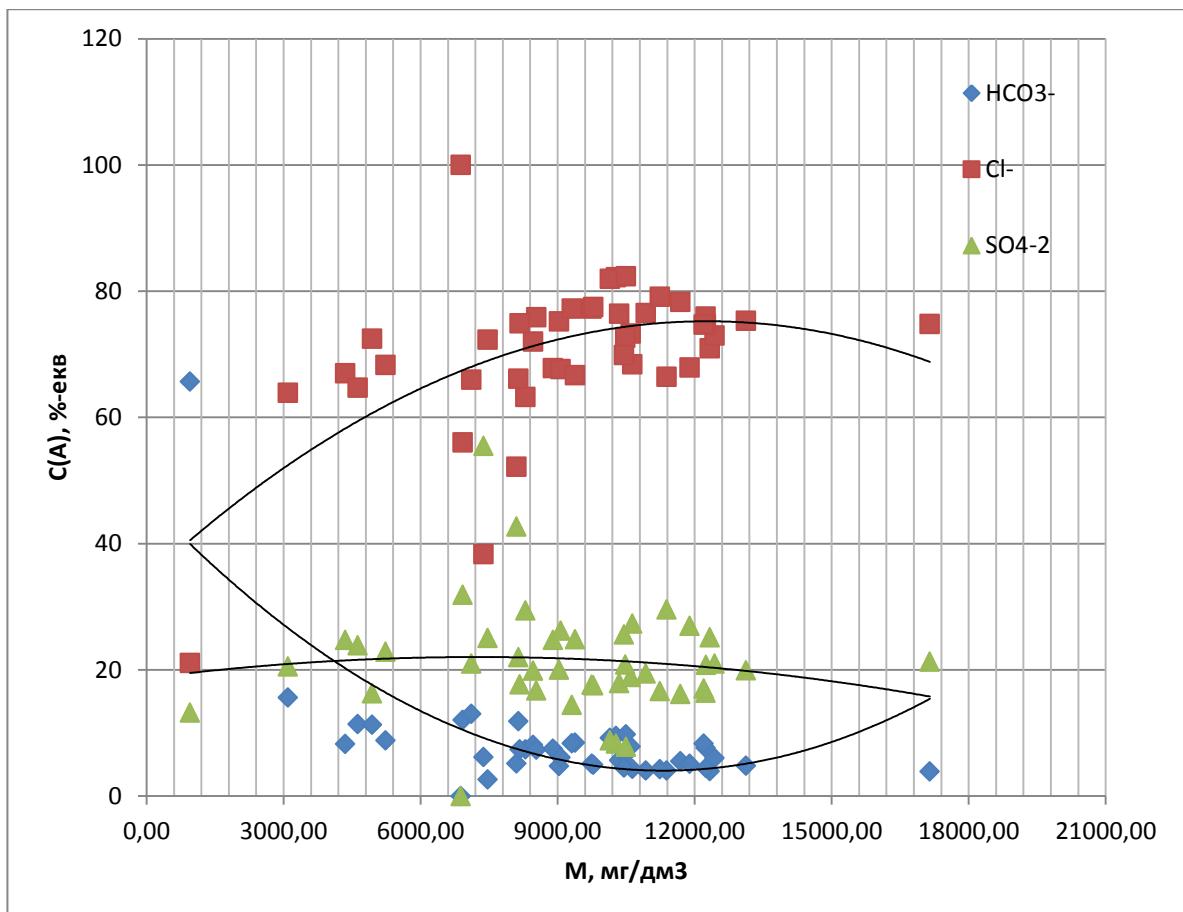
Концентраційні криві макрокомпонентів хімічного складу для шахтних вод 2ЧГ



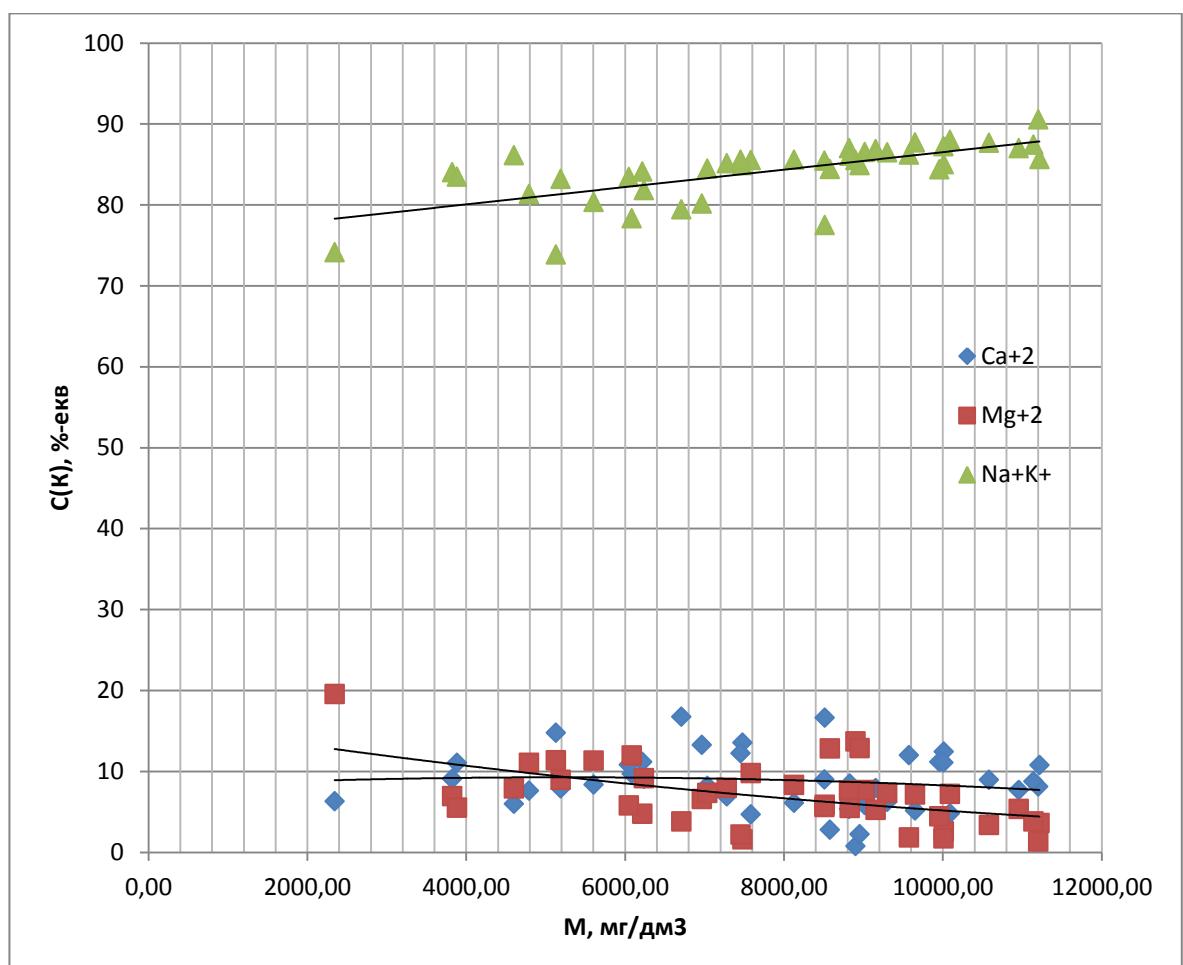
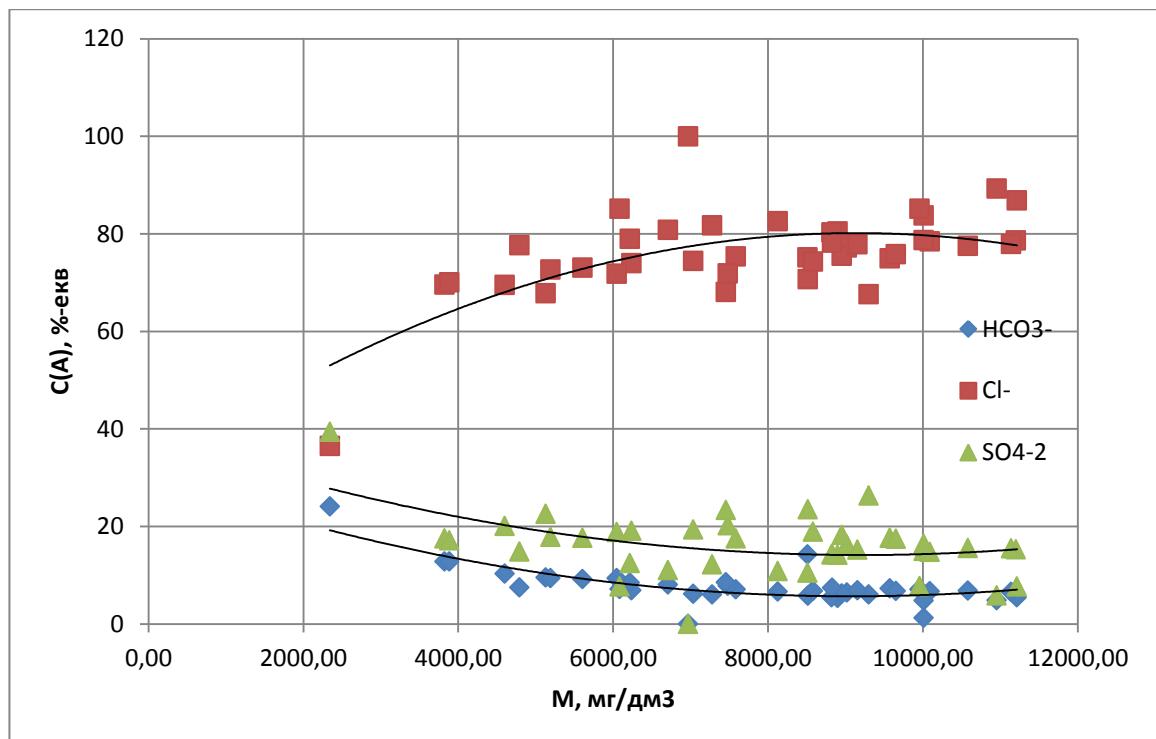
Концентраційні криві макрокомпонентів хімічного складу
для шахтних вод З ВМ



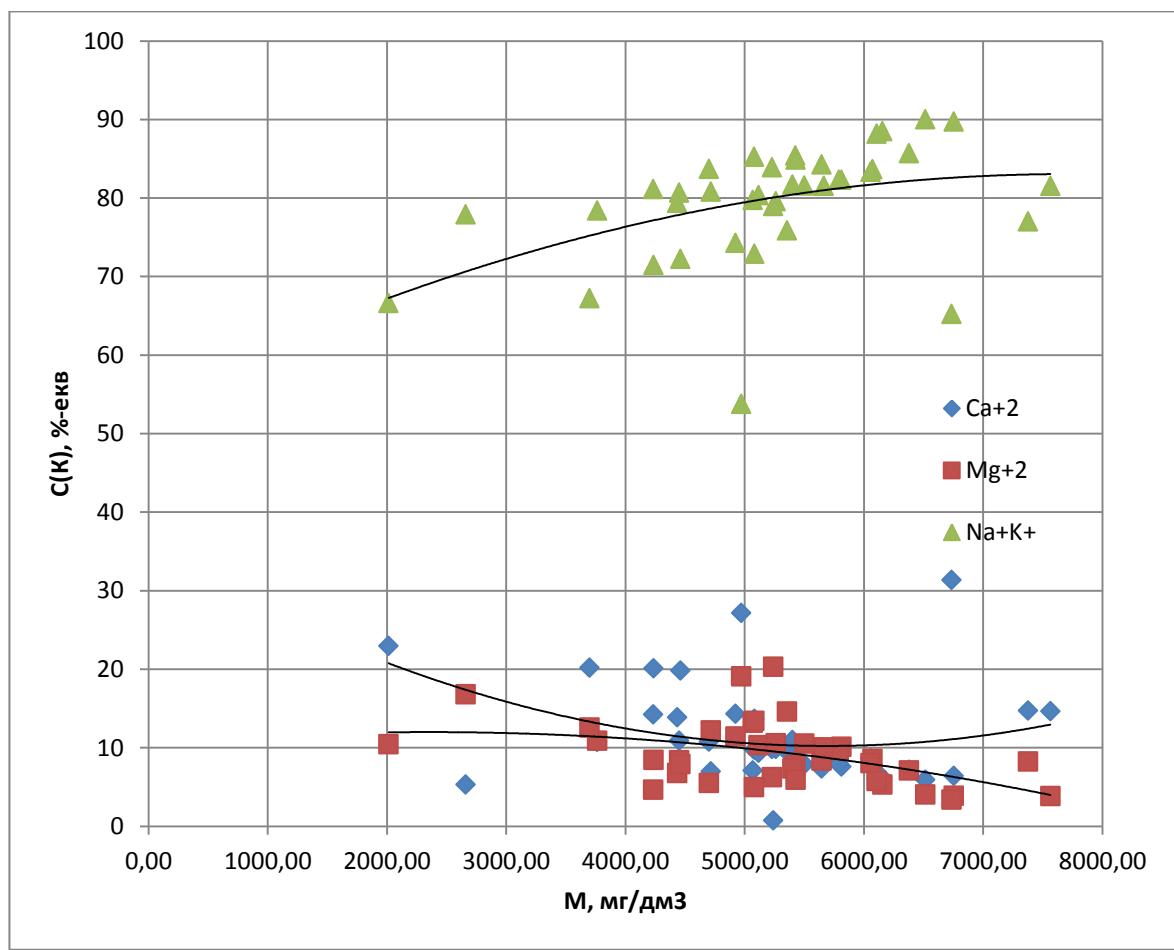
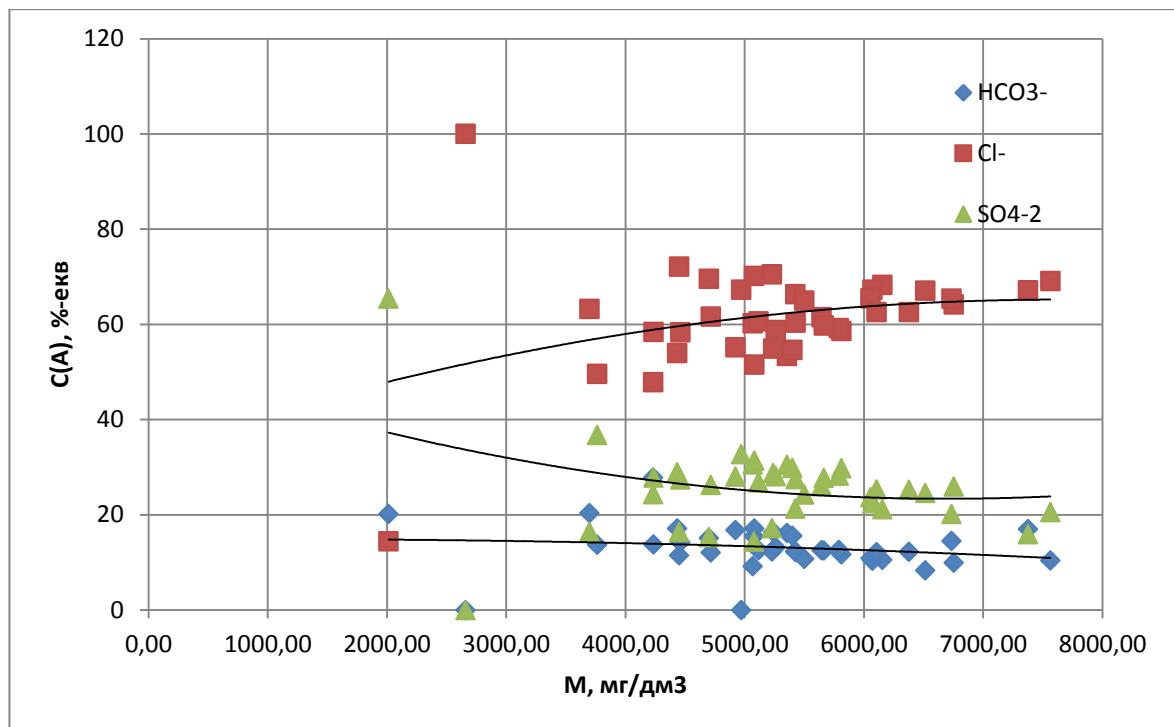
Концентраційні криві макрокомпонентів хімічного складу
для шахтних вод 4ВМ



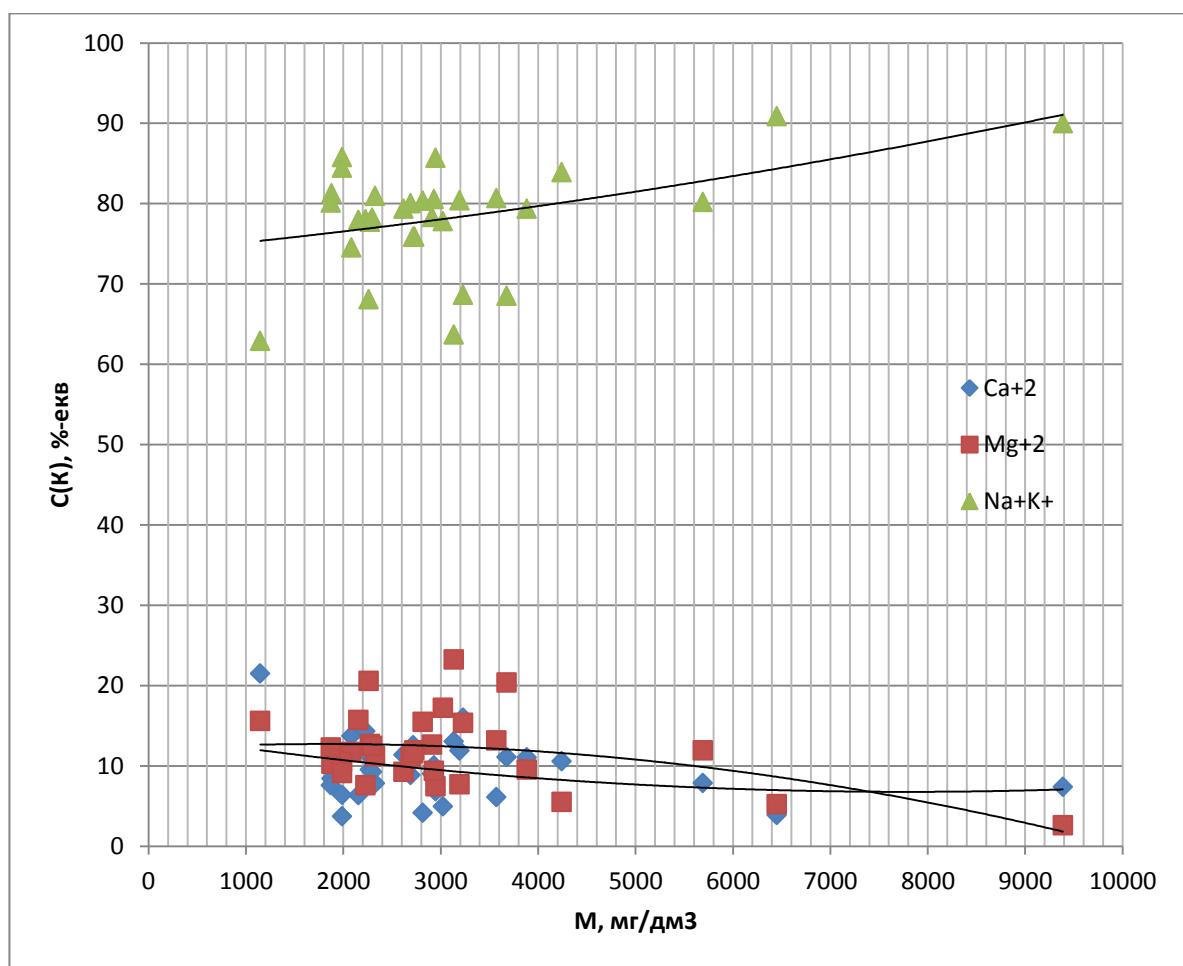
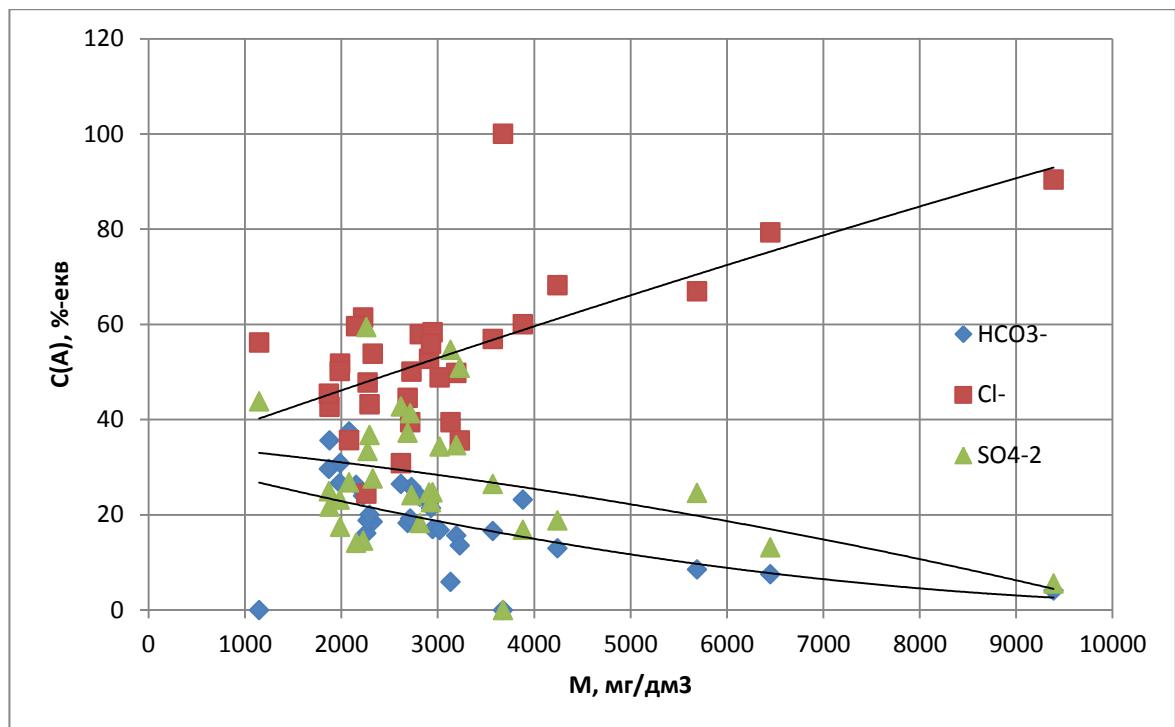
Концентраційні криві макрокомпонентів хімічного складу
для шахтних вод 6ВМ



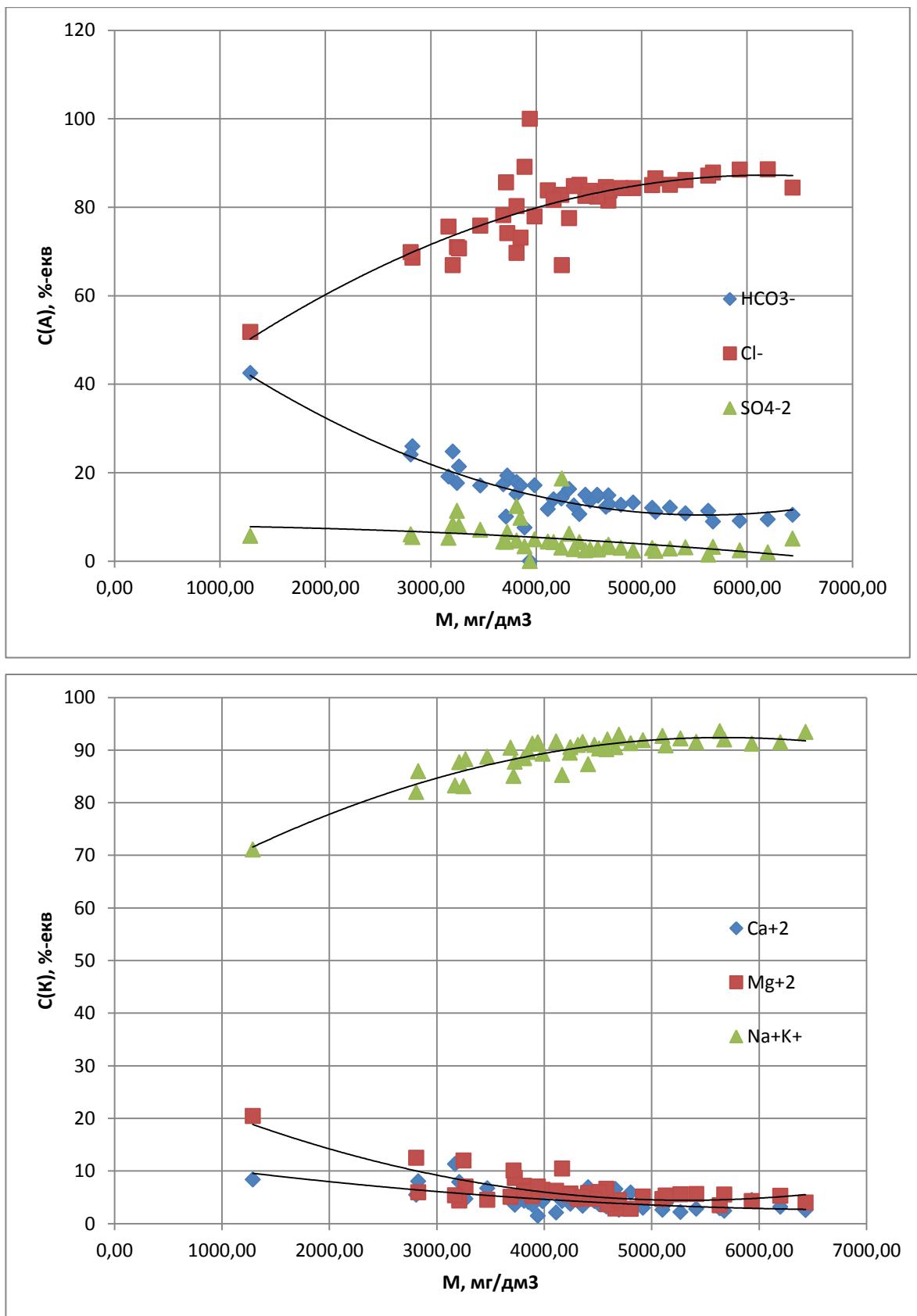
Концентраційні криві макрокомпонентів хімічного складу
для шахтних вод 7ВМ



Концентраційні криві макрокомпонентів хімічного складу
для шахтних вод 8ВМ

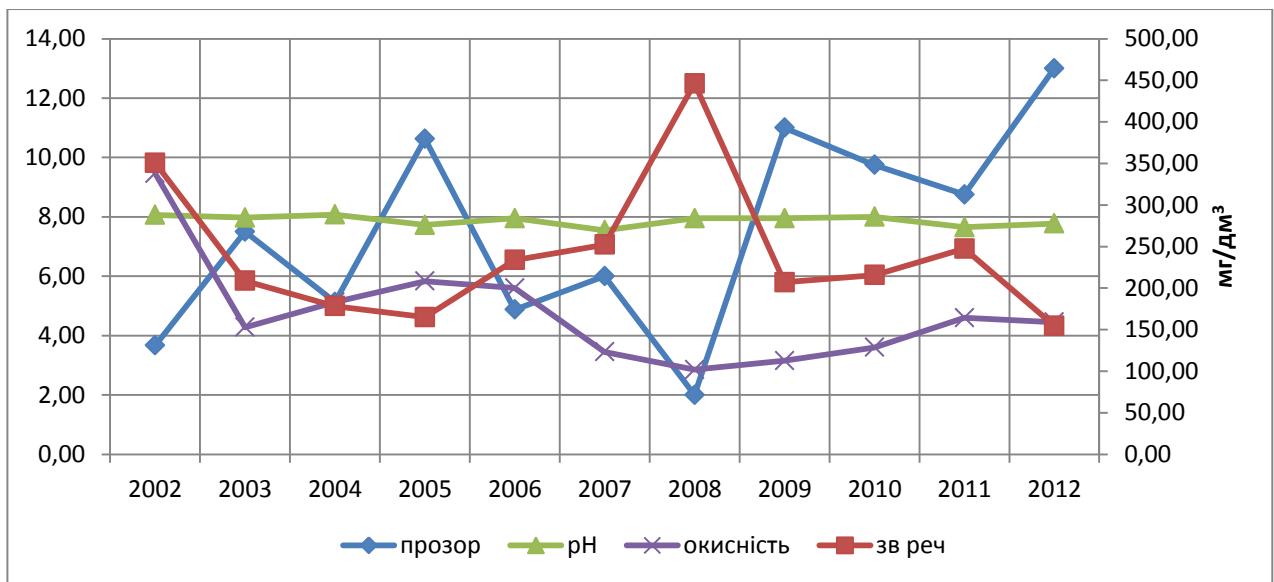
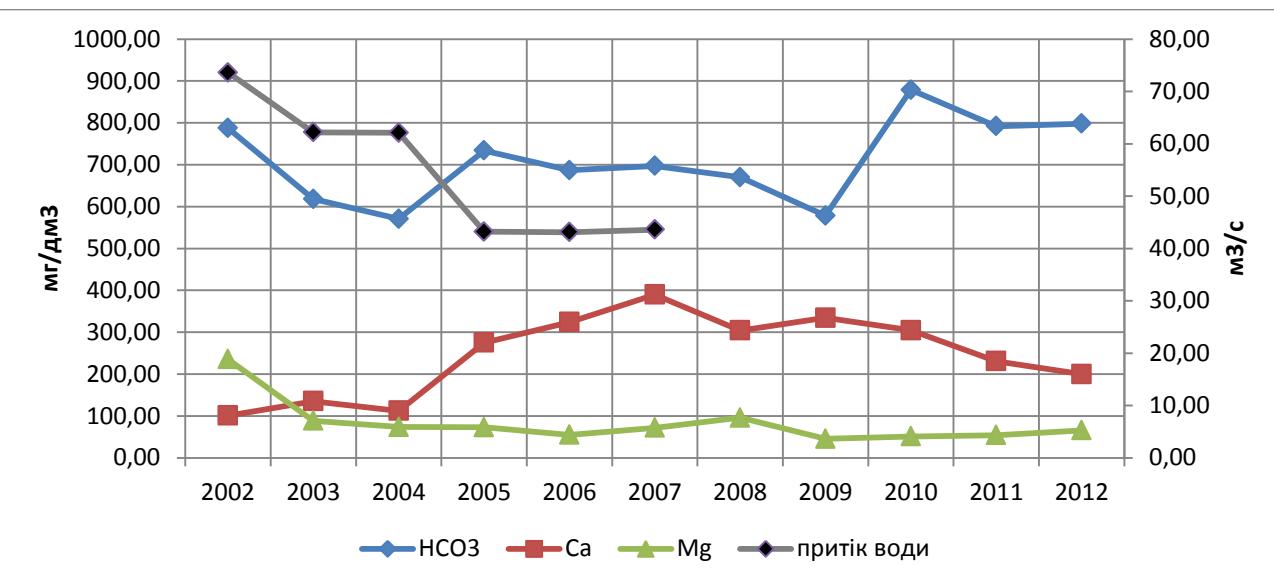
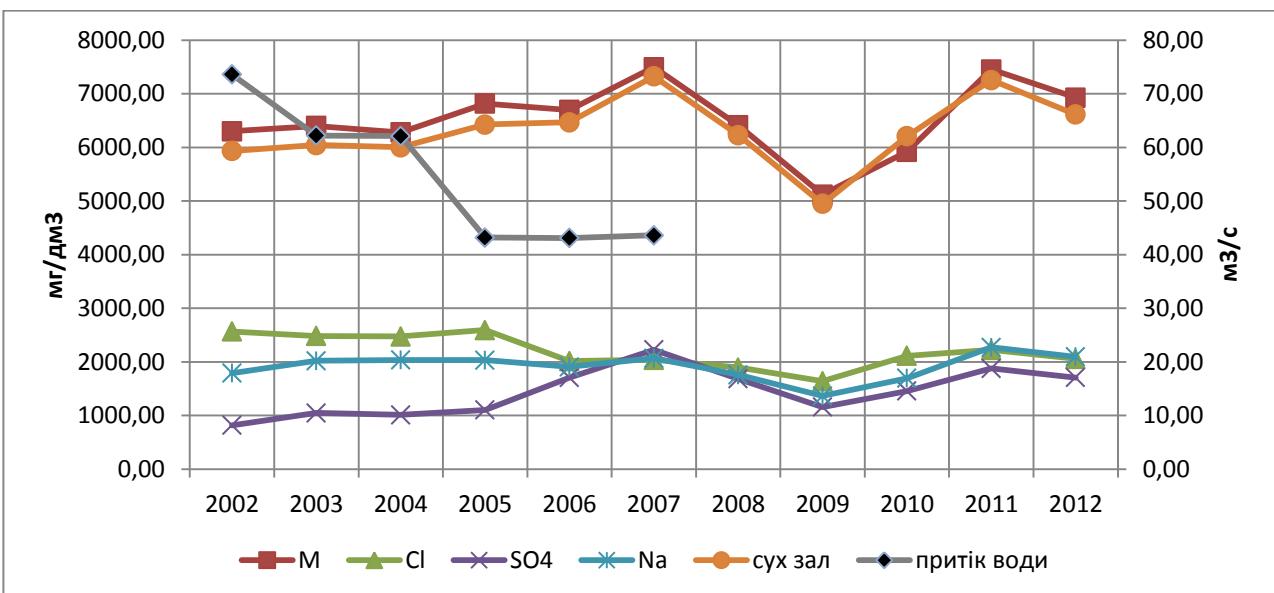


Концентраційні криві макрокомпонентів хімічного складу
для шахтних вод 9ВМ

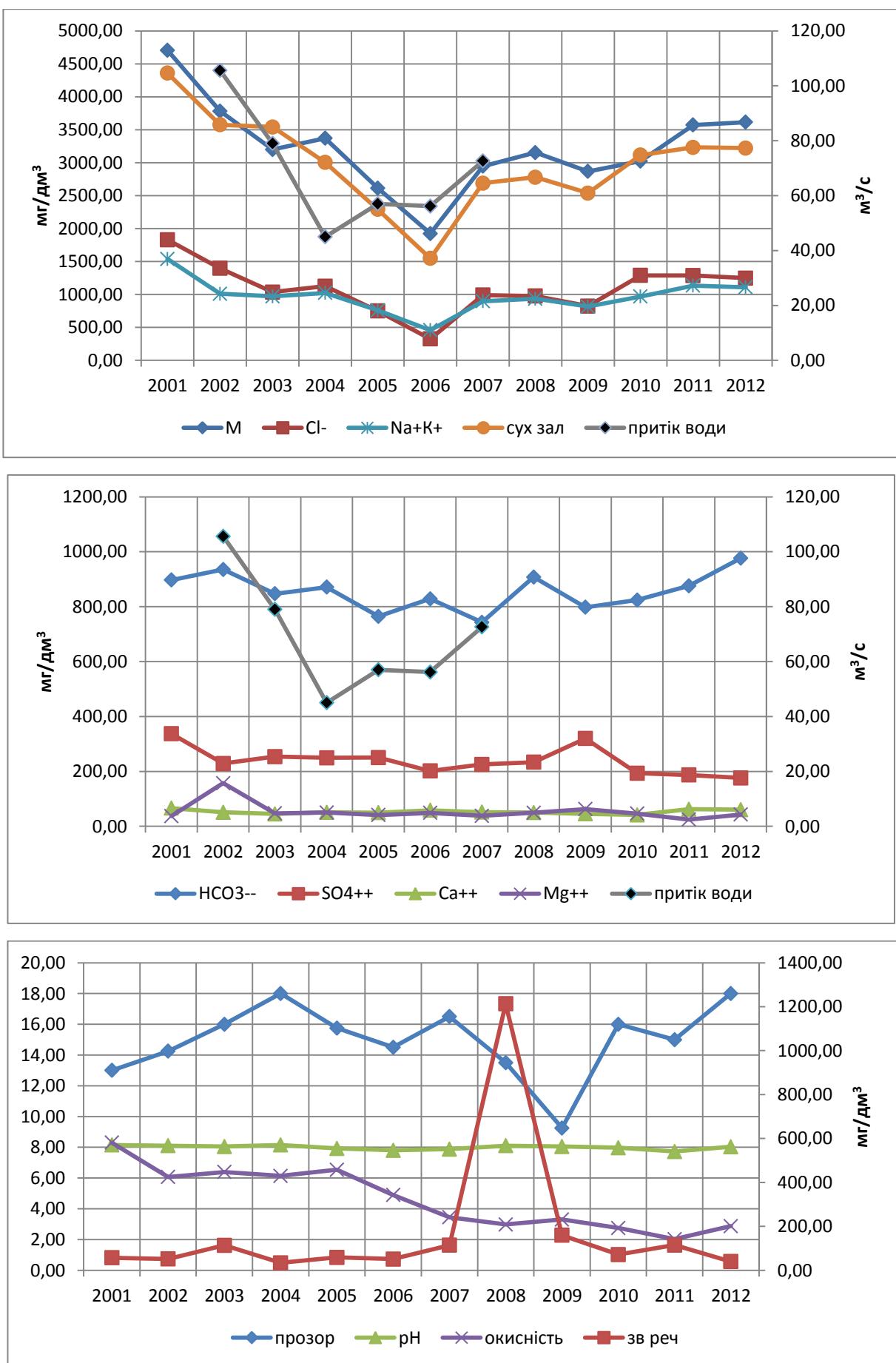


Концентраційні криві макрокомпонентів хімічного складу
для шахтних вод 10ВМ

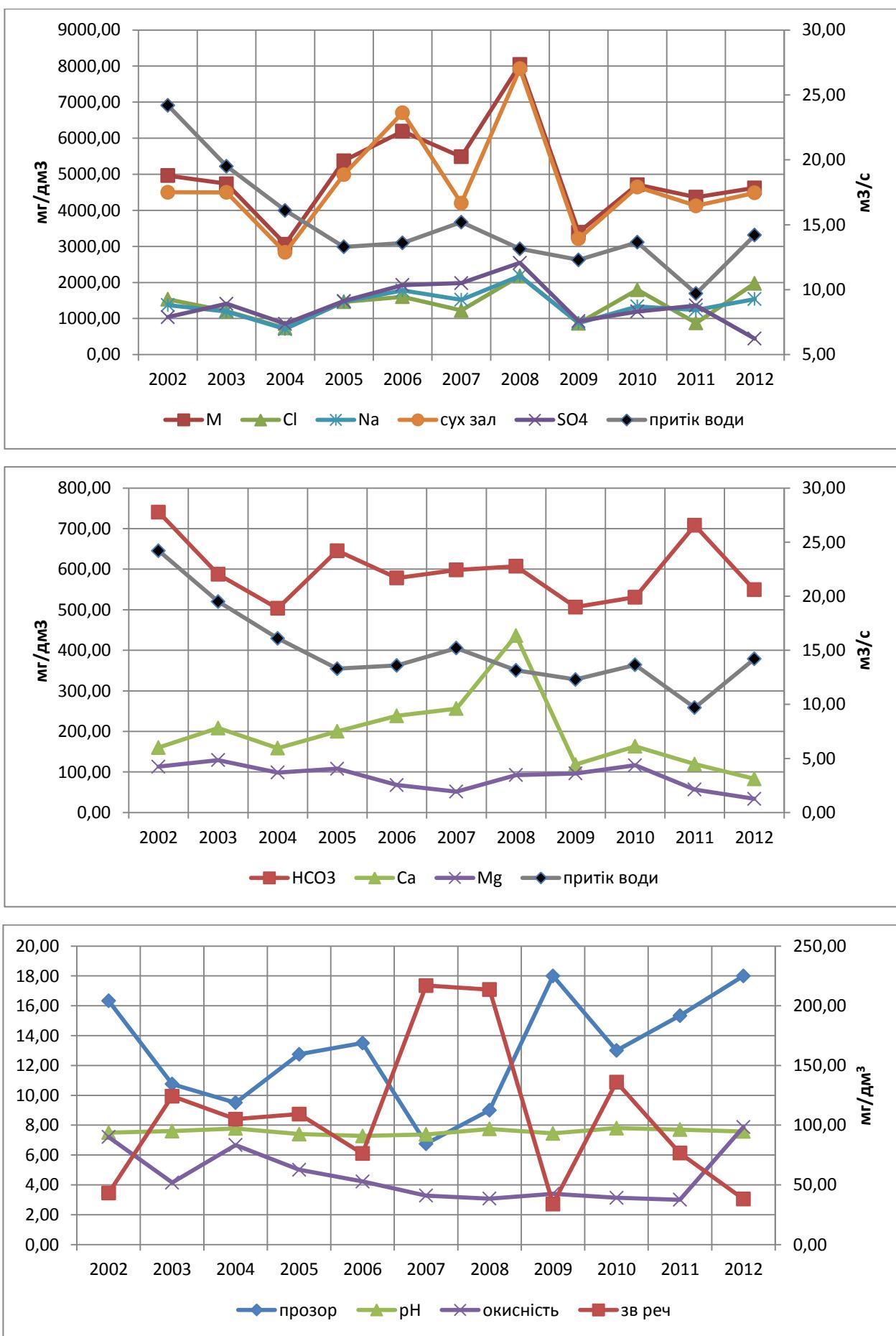
Додаток Б



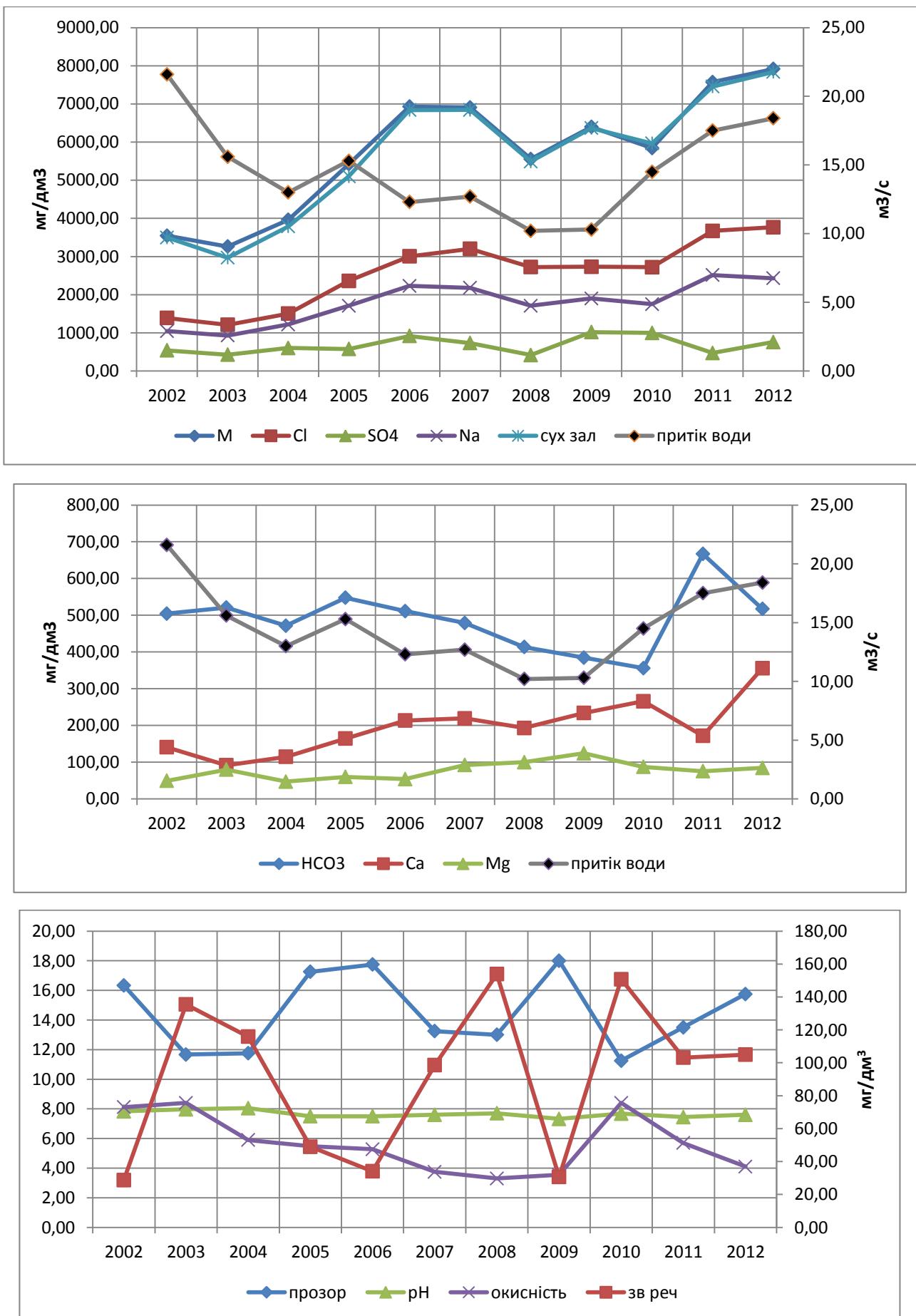
Часові зміни компонентів та характеристик складу шахтних вод 1ВМ



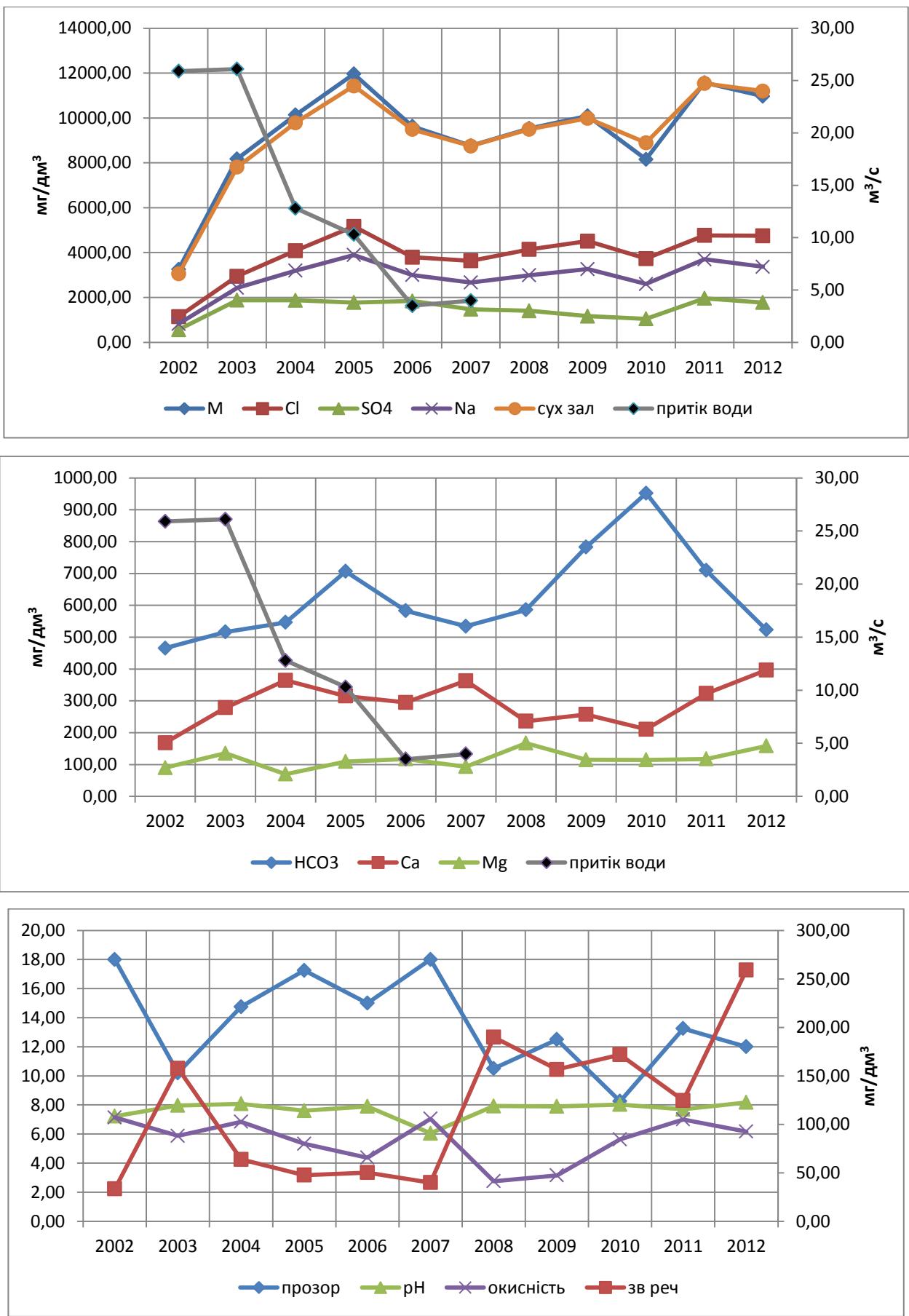
Часові зміни компонентів та характеристик складу шахтних вод 2ЧГ



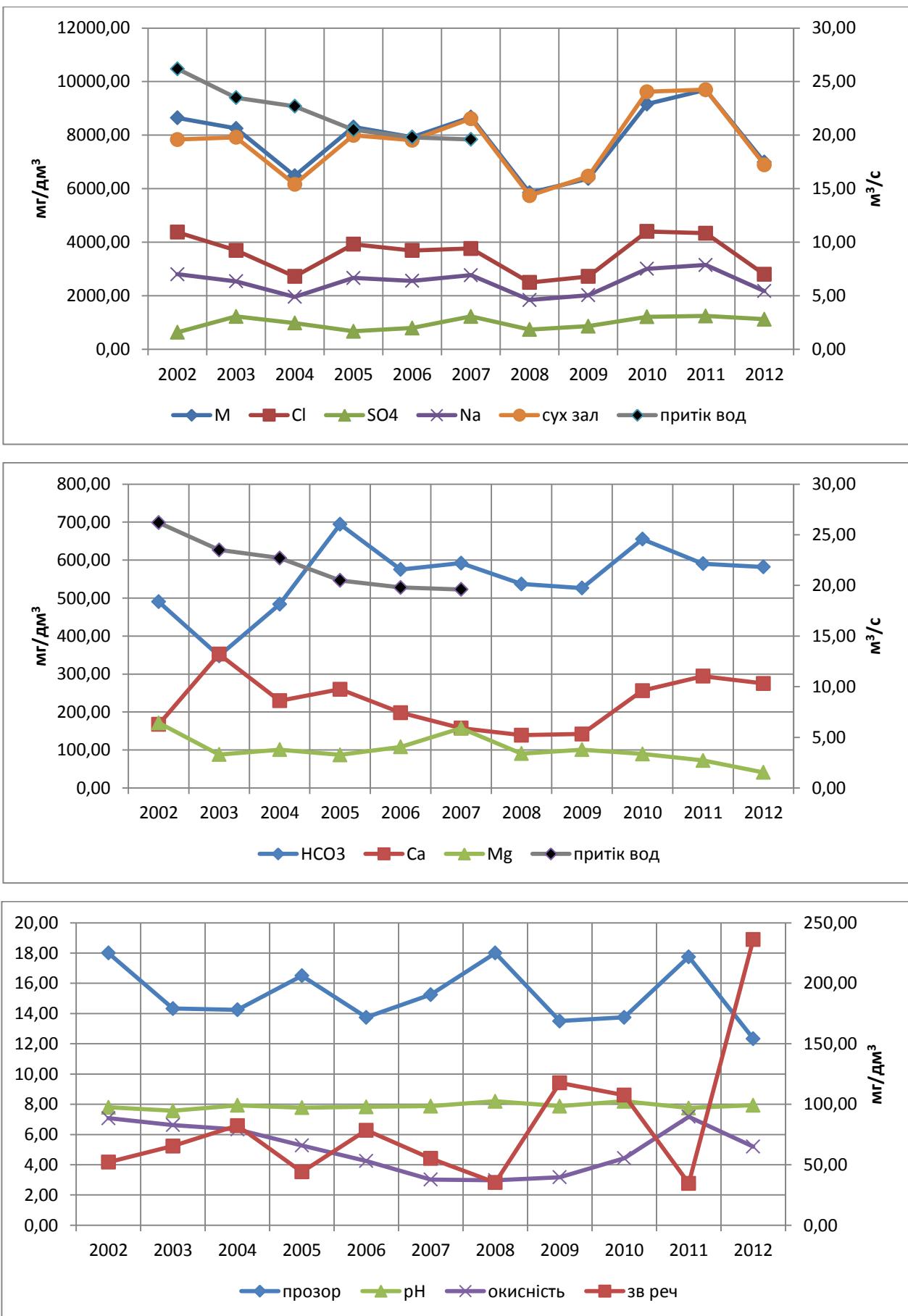
Часові зміни компонентів та характеристик складу шахтних вод ЗВМ



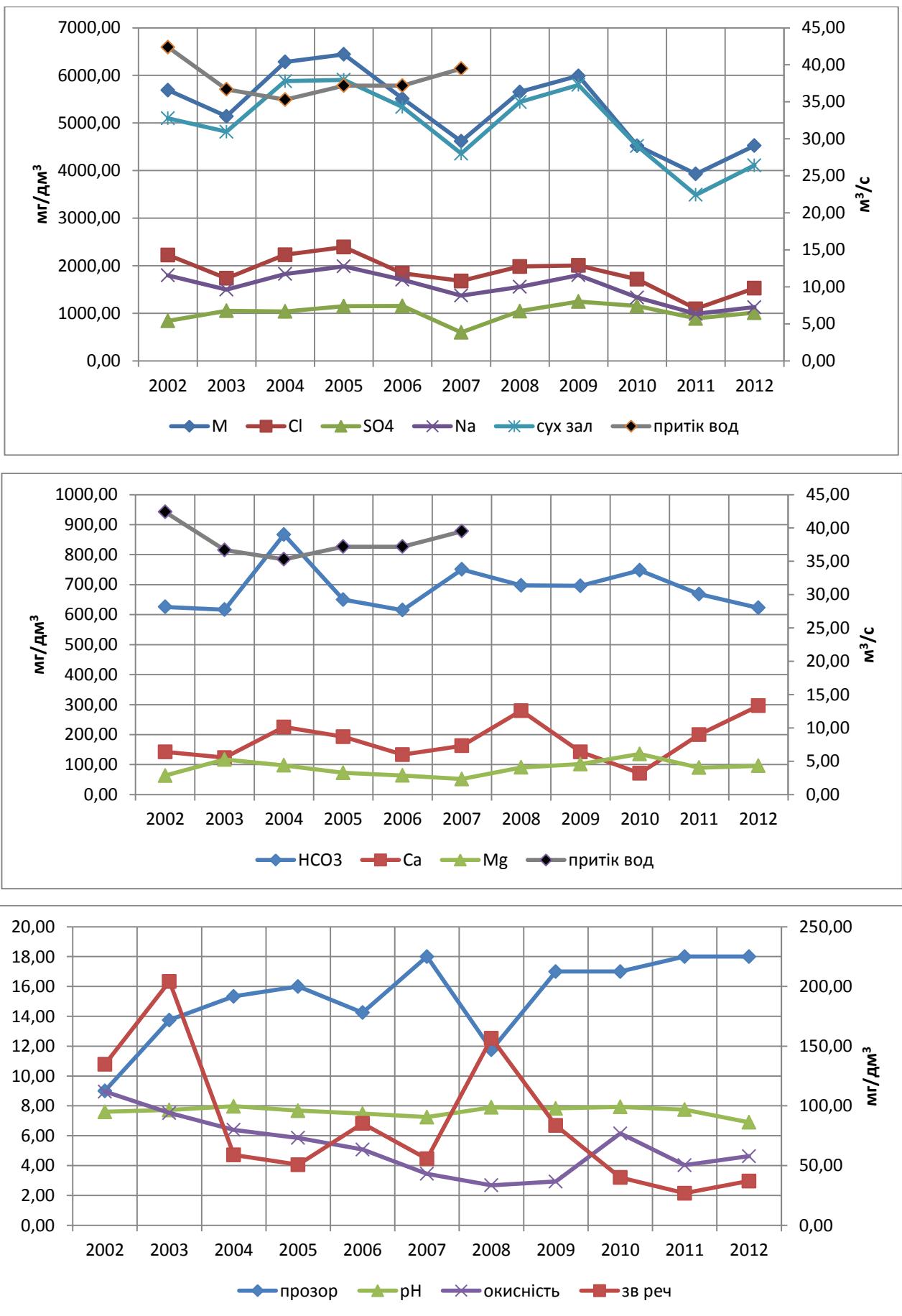
Часові зміни компонентів та характеристик складу шахтних вод 4ВМ



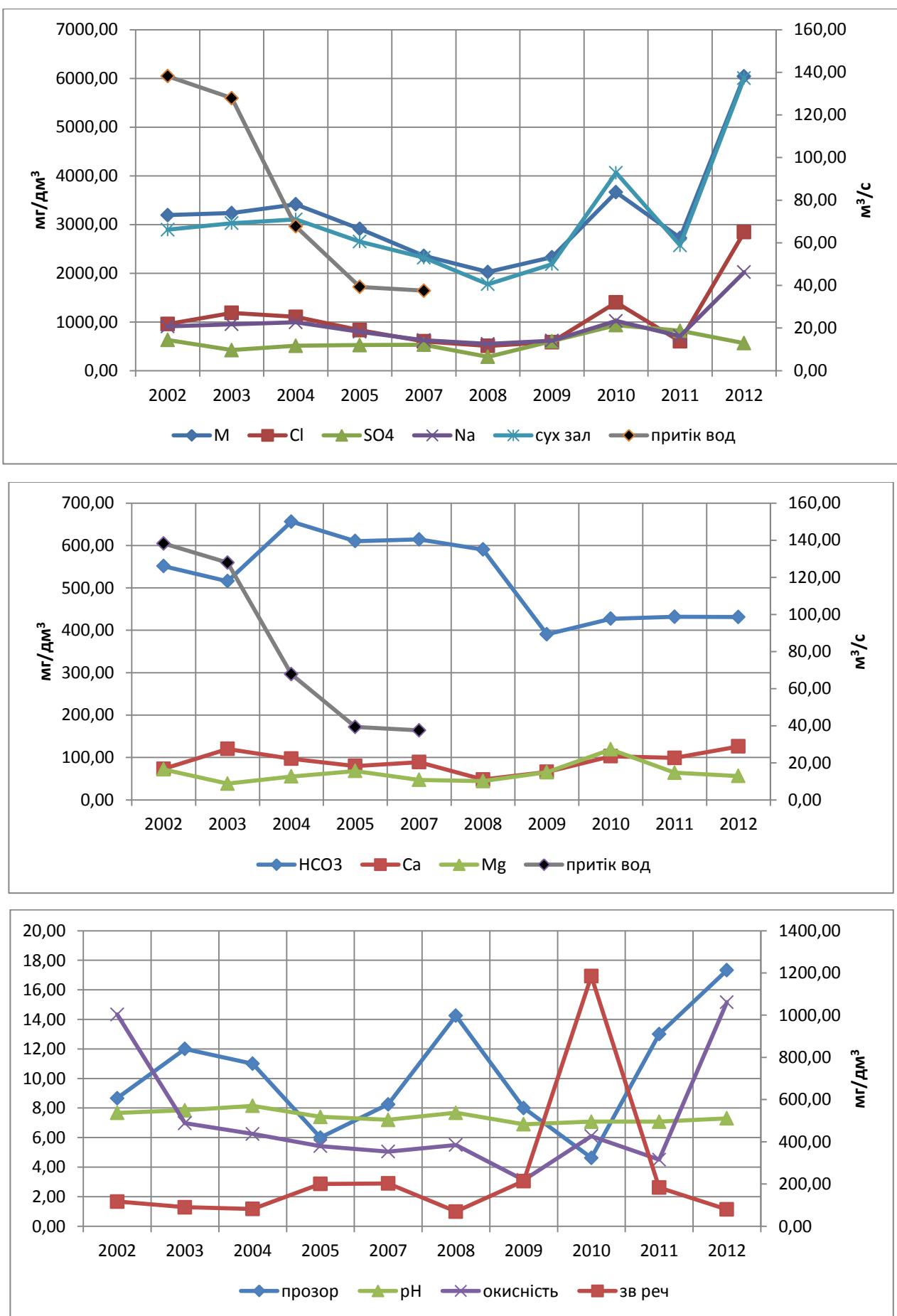
Часові зміни компонентів та характеристик складу шахтних вод 6ВМ



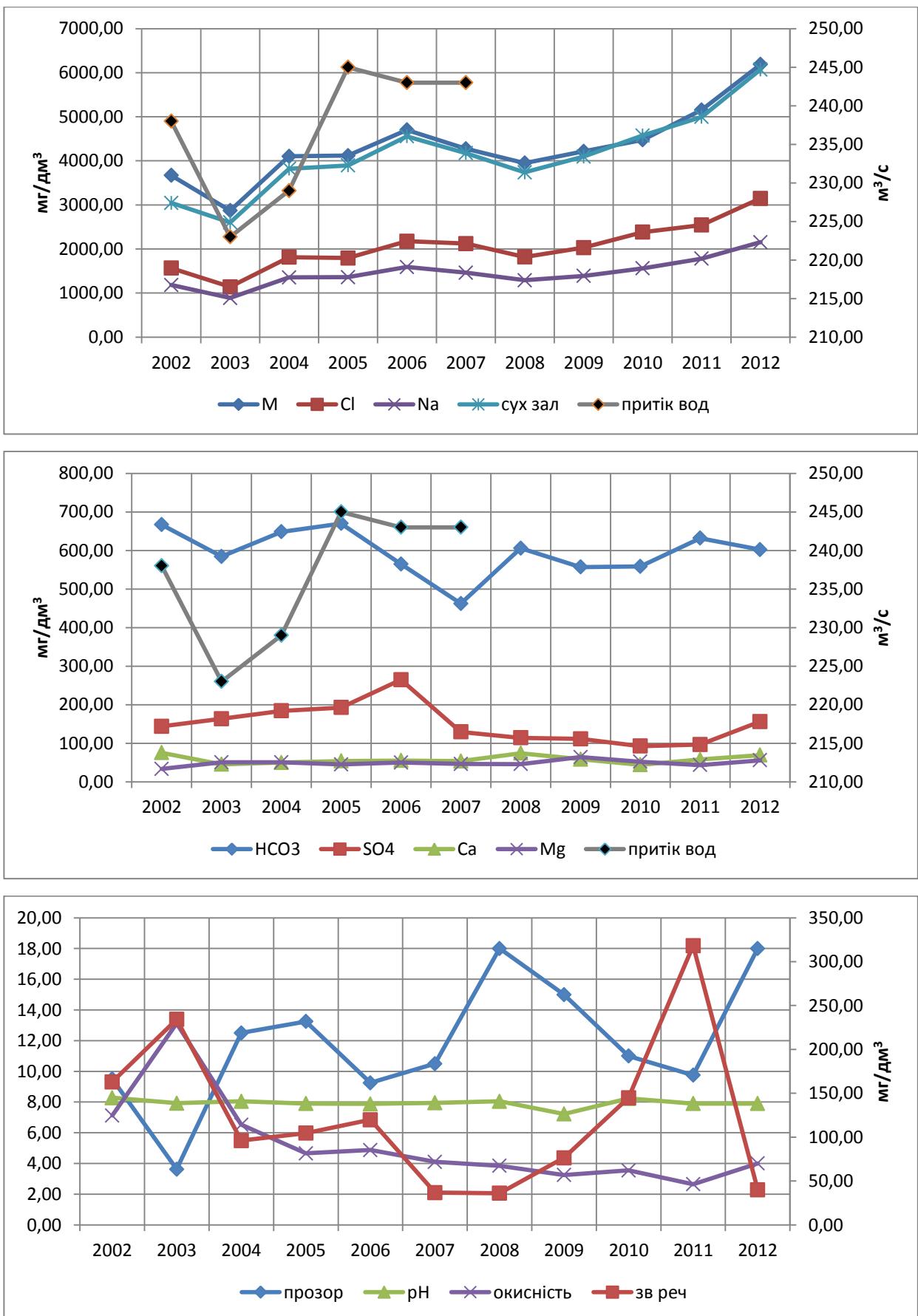
Часові зміни компонентів та характеристик складу шахтних вод 7ВМ



Часові зміни компонентів та характеристик складу шахтних вод 8ВМ



Часові зміни компонентів та характеристик складу шахтних вод 9ВМ



Часові зміни компонентів та характеристик складу шахтних вод 10ВМ

Додаток В

Результати гідрохімічного моделювання процесів змішування підземних вод верхньої крейди (сенонаського водоносного комплексу) і підземних вод нижньої частини серпухівського яруса (лишнянська та іваницька світи)

Результати гідрохімічного моделювання мінералізації у разі змішування підземних вод сенонаського водоносного комплексу і підземних вод лишнянської та іваницької світ у співвідношеннях від «1:99» до «99:1»

M1	M2	C1 K ₂ мг/дм ³	C2 C _{ls+iv} мг/дм ³	C M мг/дм ³
1	99	568	24348	24110,2
60	40	568	24348	10080
64	36	568	24348	9128,8
65	35	568	24348	8891
67	33	568	24348	8415,4
68	32	568	24348	8177,6
69	31	568	24348	7939,8
70	30	568	24348	7702
71	29	568	24348	7464,2
72	28	568	24348	7226,4
73	27	568	24348	6988,6
74	26	568	24348	6750,8
75	25	568	24348	6513
76	24	568	24348	6275,2
77	23	568	24348	6037,4
78	22	568	24348	5799,6
79	21	568	24348	5561,8
80	20	568	24348	5324
81	19	568	24348	5086,2
82	18	568	24348	4848,4
83	17	568	24348	4610,6
84	16	568	24348	4372,8
85	15	568	24348	4135
86	14	568	24348	3897,2
87	13	568	24348	3659,4
88	12	568	24348	3421,6
89	11	568	24348	3183,8
90	10	568	24348	2946
95	5	568	24348	1757
99	1	568	24348	805,8

Результати гідрохімічного моделювання вмісту іонів натрію та калію у разі змішування підземних вод сенонського водоносного комплексу і підземних вод лишнянської та іваницької світ у співвідношеннях від «1:99» до «99:1»

M1	M2	C1 K ₂ мг/дм ³	C2 C _{ls+iv} мг/дм ³	C Na ⁺ +K ⁺ мг/дм ³
1	99	167	7839,3	7762,577
20	80	167	7839,3	6304,84
40	60	167	7839,3	4770,38
60	40	167	7839,3	3235,92
61	39	167	7839,3	3159,197
62	38	167	7839,3	3082,474
63	37	167	7839,3	3005,751
64	36	167	7839,3	2929,028
65	35	167	7839,3	2852,305
66	34	167	7839,3	2775,582
67	33	167	7839,3	2698,859
68	32	167	7839,3	2622,136
69	31	167	7839,3	2545,413
70	30	167	7839,3	2468,69
71	29	167	7839,3	2391,967
72	28	167	7839,3	2315,244
73	27	167	7839,3	2238,521
74	26	167	7839,3	2161,798
75	25	167	7839,3	2085,075
76	24	167	7839,3	2008,352
77	23	167	7839,3	1931,629
78	22	167	7839,3	1854,906
79	21	167	7839,3	1778,183
80	20	167	7839,3	1701,46
81	19	167	7839,3	1624,737
82	18	167	7839,3	1548,014
83	17	167	7839,3	1471,291
84	16	167	7839,3	1394,568
85	15	167	7839,3	1317,845
86	14	167	7839,3	1241,122
87	13	167	7839,3	1164,399
88	12	167	7839,3	1087,676
89	11	167	7839,3	1010,953
90	10	167	7839,3	934,23
91	9	167	7839,3	857,507
92	8	167	7839,3	780,784
93	7	167	7839,3	704,061
94	6	167	7839,3	627,338
95	5	167	7839,3	550,615
99	1	167	7839,3	243,723

Результати гідрохімічного моделювання вмісту іонів хлору у разі змішування підземних вод сенонського водоносного комплексу і підземних вод лишнянської та іваницької світ у співвідношеннях від «1:99» до «99:1»

M1	M2	C1 K ₂ мг/дм ³	C2 C _{ls+iv} мг/дм ³	C Cl ⁻ мг/дм ³
1	99	65,7	13131,4	13000,74
10	90	65,7	13131,4	11824,83
20	80	65,7	13131,4	10518,26
30	70	65,7	13131,4	9211,69
40	60	65,7	13131,4	7905,12
50	50	65,7	13131,4	6598,55
60	40	65,7	13131,4	5291,98
70	30	65,7	13131,4	3985,41
71	29	65,7	13131,4	3854,753
72	28	65,7	13131,4	3724,096
73	27	65,7	13131,4	3593,439
74	26	65,7	13131,4	3462,782
75	25	65,7	13131,4	3332,125
76	24	65,7	13131,4	3201,468
77	23	65,7	13131,4	3070,811
78	22	65,7	13131,4	2940,154
79	21	65,7	13131,4	2809,497
80	20	65,7	13131,4	2678,84
81	19	65,7	13131,4	2548,183
82	18	65,7	13131,4	2417,526
83	17	65,7	13131,4	2286,869
84	16	65,7	13131,4	2156,212
85	15	65,7	13131,4	2025,555
86	14	65,7	13131,4	1894,898
87	13	65,7	13131,4	1764,241
88	12	65,7	13131,4	1633,584
89	11	65,7	13131,4	1502,927
90	10	65,7	13131,4	1372,27
91	9	65,7	13131,4	1241,613
92	8	65,7	13131,4	1110,956
93	7	65,7	13131,4	980,299
94	6	65,7	13131,4	849,642
95	5	65,7	13131,4	718,985
96	4	65,7	13131,4	588,328
97	3	65,7	13131,4	457,671
98	2	65,7	13131,4	327,014
99	1	65,7	13131,4	196,357

**Результати гідрохімічного моделювання вмісту іонів кальцію у
разі змішування підземних вод сенонського водоносного комплексу і
підземних вод лишнянської та іваницької світ у співвідношеннях від «1:99»
до «99:1»**

M1	M2	C1 K ₂ мг/дм ³	C2 C _{ls+iv} мг/дм ³	C Ca ²⁺ мг/дм ³
1	99	41,7	794,5	786,972
20	80	41,7	794,5	643,94
40	60	41,7	794,5	493,38
60	40	41,7	794,5	342,82
65	35	41,7	794,5	305,18
66	34	41,7	794,5	297,652
67	33	41,7	794,5	290,124
68	32	41,7	794,5	282,596
69	31	41,7	794,5	275,068
70	30	41,7	794,5	267,54
71	29	41,7	794,5	260,012
72	28	41,7	794,5	252,484
73	27	41,7	794,5	244,956
74	26	41,7	794,5	237,428
75	25	41,7	794,5	229,9
76	24	41,7	794,5	222,372
77	23	41,7	794,5	214,844
78	22	41,7	794,5	207,316
79	21	41,7	794,5	199,788
80	20	41,7	794,5	192,26
81	19	41,7	794,5	184,732
82	18	41,7	794,5	177,204
83	17	41,7	794,5	169,676
84	16	41,7	794,5	162,148
85	15	41,7	794,5	154,62
86	14	41,7	794,5	147,092
87	13	41,7	794,5	139,564
88	12	41,7	794,5	132,036
89	11	41,7	794,5	124,508
90	10	41,7	794,5	116,98
91	9	41,7	794,5	109,452
92	8	41,7	794,5	101,924
93	7	41,7	794,5	94,396
94	6	41,7	794,5	86,868
95	5	41,7	794,5	79,34
96	4	41,7	794,5	71,812
97	3	41,7	794,5	64,284
98	2	41,7	794,5	56,756
99	1	41,7	794,5	49,228

Результати гідрохімічного моделювання вмісту іонів магнію у разі змішування підземних вод сенонського водоносного комплексу і підземних вод лишнянської та іваницької світ у співвідношеннях від «1:99» до «99:1»

M1	M2	C1 K ₂ мг/дм ³	C2 C _{ls+iv} мг/дм ³	C Mg ²⁺ мг/дм ³
1	99	9,9	378,9	375,21
10	90	9,9	378,9	342
20	80	9,9	378,9	305,1
30	70	9,9	378,9	268,2
40	60	9,9	378,9	231,3
50	50	9,9	378,9	194,4
60	40	9,9	378,9	157,5
70	30	9,9	378,9	120,6
71	29	9,9	378,9	116,91
72	28	9,9	378,9	113,22
73	27	9,9	378,9	109,53
74	26	9,9	378,9	105,84
75	25	9,9	378,9	102,15
76	24	9,9	378,9	98,46
77	23	9,9	378,9	94,77
78	22	9,9	378,9	91,08
79	21	9,9	378,9	87,39
80	20	9,9	378,9	83,7
81	19	9,9	378,9	80,01
82	18	9,9	378,9	76,32
83	17	9,9	378,9	72,63
84	16	9,9	378,9	68,94
85	15	9,9	378,9	65,25
86	14	9,9	378,9	61,56
87	13	9,9	378,9	57,87
88	12	9,9	378,9	54,18
89	11	9,9	378,9	50,49
90	10	9,9	378,9	46,8
91	9	9,9	378,9	43,11
92	8	9,9	378,9	39,42
93	7	9,9	378,9	35,73
94	6	9,9	378,9	32,04
95	5	9,9	378,9	28,35
96	4	9,9	378,9	24,66
97	3	9,9	378,9	20,97
98	2	9,9	378,9	17,28
99	1	9,9	378,9	13,59

**Результати гідрохімічного моделювання вмісту сульфат - іонів у
разі змішування підземних вод сенонського водоносного комплексу і
підземних вод лишнянської та іваницької світ у співвідношеннях від «1:99»
до «99:1»**

M1	M2	C1 K ₂ мг/дм ³	C2 C _{ls+iv} мг/дм ³	C SO ₄ ²⁻ мг/дм ³
1	99	38,9	42,5	42,464
5	95	38,9	42,5	42,32
10	90	38,9	42,5	42,14
15	85	38,9	42,5	41,96
20	80	38,9	42,5	41,78
25	75	38,9	42,5	41,6
30	70	38,9	42,5	41,42
35	65	38,9	42,5	41,24
40	60	38,9	42,5	41,06
45	55	38,9	42,5	40,88
50	50	38,9	42,5	40,7
55	45	38,9	42,5	40,52
60	40	38,9	42,5	40,34
65	35	38,9	42,5	40,16
70	30	38,9	42,5	39,98
75	25	38,9	42,5	39,8
80	20	38,9	42,5	39,62
85	15	38,9	42,5	39,44
90	10	38,9	42,5	39,26
95	5	38,9	42,5	39,08
99	1	38,9	42,5	38,936

Додаток Д

Матриця коефіцієнтів кореляції між компонентами і характеристиками у шахтних водах 1 ВМ

1 ВМ	Прозорість	Зважені речовини	pH	Окисність	Сухий залишок	Mg +2	Ca+2	Na+K+	HCO3-	SO4-2	Cl-	M	NH4+	NO2-	NO3-
Прозорість															
	1,00														
Зважені речовини	-0,85	1,00													
pH	-0,28	0,13	1,00												
Окисність	-0,23	0,27	-0,02	1,00											
Сухий залишок	-0,11	-0,05	-0,20	0,00	1,00										
Mg +2	-0,13	-0,03	0,01	0,04	0,11	1,00									
Ca+2	-0,14	0,17	-0,08	-0,19	0,26	-0,28	1,00								
Na+K+	-0,07	-0,01	-0,18	0,26	0,77	-0,13	-0,16	1,00							
HCO3-	-0,01	0,19	-0,21	0,03	0,27	0,09	0,08	0,22	1,00						
SO4-2	-0,09	0,05	-0,16	-0,10	0,72	-0,19	0,40	0,48	0,17	1,00					
Cl-	-0,09	-0,08	-0,05	0,32	0,43	0,28	-0,12	0,51	0,00	-0,28	1,00				
M	-0,17	0,07	-0,22	0,15	0,93	0,05	0,18	0,89	0,34	0,69	0,45	1,00			
NH4+	0,10	-0,12	-0,10	-0,01	0,34	-0,19	0,36	0,19	0,25	0,43	-0,13	0,33	1,00		
NO2-	-0,17	0,20	0,10	0,24	0,03	0,12	-0,18	-0,04	0,42	0,04	0,02	-0,08	0,07	1,00	
NO3-	-0,02	0,17	-0,21	-0,10	0,01	-0,17	-0,05	0,13	0,27	-0,04	-0,02	0,08	0,12	0,15	1,00

Матриця коефіцієнтів кореляції між компонентами і характеристиками у шахтних водах 2 ЧГ

2 ЧГ	Прозорість	Зважені речовини	pH	Окисність	Сухий залишок	Mg +2	Ca+2	Na+K	HCO3-	SO4-2	Cl-	M	NH4+	NO2-	NO3-	
Прозорість		1,00														
Зважені речовини		-0,52	1,00													
pH	0,12	-0,02	1,00													
Окисність		-0,01	-0,06	0,19	1,00											
Сухий залишок		-0,03	0,05	0,38	0,21	1,00										
Mg +2		0,04	-0,04	0,14	0,25	-0,03	1,00									
Ca+2		0,00	0,10	-0,33	0,01	-0,09	0,10	1,00								
Na+K		0,04	0,06	0,40	0,02	0,87	-0,25	-0,19	1,00							
HCO3-		0,23	0,03	0,48	-0,01	0,54	0,04	-0,16	0,63	1,00						
SO4-2		-0,48	0,28	0,11	0,25	0,32	-0,04	0,11	0,25	-0,01	1,00					
Cl-		0,07	0,01	0,34	0,06	0,87	-0,03	-0,15	0,93	0,50	0,15	1,00				
M		0,06	0,07	0,46	0,07	0,88	-0,06	-0,14	0,98	0,71	0,26	0,93	1,00			
NH4+		0,04	-0,25	-0,17	0,23	-0,24	0,06	0,18	-0,15	-0,13	0,00	-0,16	-0,13	1,00		
NO2-		-0,12	0,44	-0,06	0,11	0,04	-0,23	0,06	0,18	0,11	0,19	0,08	0,15	0,16	1,00	
NO3-		-0,22	0,29	0,27	0,37	0,17	0,09	-0,19	0,04	0,01	0,20	0,03	0,06	-0,07	0,08	1,00

Матриця коефіцієнтів кореляції між компонентами і характеристиками у шахтних водах 3 ВМ

3 ВМ	Прозорість	Зважені речовини	pH	Окисність	Сухий залишок	Mg +2	Ca+2	Na+K	HCO3-	SO4-2	Cl-	M	NH4+	NO2-	NO3-	
Прозорість		1,00														
Зважені речовини		-0,90	1,00													
pH	-0,12	0,14	1,00													
Окисність		0,07	-0,13	-0,06	1,00											
Сухий залишок		-0,07	0,17	-0,05	-0,37	1,00										
Mg +2		-0,05	-0,04	0,11	-0,20	0,08	1,00									
Ca+2		-0,51	0,48	-0,17	-0,18	0,55	0,00	1,00								
Na+K		-0,06	0,15	-0,06	-0,45	0,86	-0,01	0,55	1,00							
HCO3-		-0,22	0,29	-0,06	-0,06	0,42	0,16	0,23	0,37	1,00						
SO4-2		-0,36	0,38	-0,10	-0,39	0,69	0,17	0,74	0,68	0,36	1,00					
Cl-		-0,08	0,16	0,07	-0,36	0,67	0,08	0,42	0,82	0,21	0,29	1,00				
M		-0,17	0,22	-0,09	-0,45	0,87	0,11	0,70	0,97	0,41	0,80	0,76	1,00			
NH4+		-0,40	0,34	-0,23	-0,17	-0,03	0,13	0,42	0,27	-0,04	0,41	0,15	0,35	1,00		
NO2-		0,15	-0,09	0,01	-0,01	-0,02	0,20	-0,07	-0,03	0,44	-0,07	0,01	-0,02	-0,19	1,00	
NO3-		0,03	-0,01	-0,22	-0,08	-0,03	0,32	-0,08	-0,01	0,27	0,02	-0,04	0,02	0,18	0,51	1,00

Матриця коефіцієнтів кореляції між компонентами і характеристиками у шахтних водах 4 ВМ

4 ВМ	Прозорість	Зважені речовини	pH	Окисність	Сухий залишок	Mg +2	Ca+2	Na+K	HCO3-	SO4-2	Cl-	M	NH4+	NO2-	NO3-	
Прозорість		1,00														
Зважені речовини		-0,88	1,00													
pH	-0,44	0,41	1,00													
Окисність		-0,32	0,27	0,33	1,00											
Сухий залишок		0,04	0,09	-0,59	-0,19	1,00										
Mg +2		0,04	0,05	-0,38	-0,24	0,37	1,00									
Ca+2		0,20	-0,08	-0,29	-0,32	0,51	0,25	1,00								
Na+K		0,01	0,10	-0,57	-0,15	0,98	0,29	0,38	1,00							
HCO3-		-0,08	-0,07	-0,12	0,10	0,16	-0,23	-0,18	0,25	1,00						
SO4-2		0,05	0,09	-0,30	0,09	0,48	0,11	0,29	0,42	-0,32	1,00					
Cl-		0,05	0,07	-0,55	-0,25	0,96	0,40	0,54	0,95	0,22	0,24	1,00				
M		0,04	0,09	-0,60	-0,18	1,00	0,37	0,49	0,99	0,20	0,46	0,96	1,00			
NH4+		-0,10	0,13	-0,01	0,04	0,28	-0,13	-0,12	0,32	0,18	0,34	0,19	0,28	1,00		
NO2-		0,03	0,05	-0,25	-0,05	0,52	0,18	0,21	0,50	0,20	0,37	0,50	0,50	0,41	1,00	
NO3-		0,08	-0,05	-0,12	0,00	0,17	-0,07	-0,07	0,20	0,26	-0,03	0,19	0,17	0,27	0,35	1,00

Матриця коефіцієнтів кореляції між компонентами і характеристиками у шахтних водах 6 ВМ

6 ВМ	Прозорість	Зважені речовини	pH	Окисність	Сухий залишок	Mg +2	Ca+2	Na+K	HCO3-	SO4-2	Cl-	M	NH4+	NO2-	NO3-
Прозорість															
	1,00														
Зважені речовини	-0,88	1,00													
pH	-0,20	0,15	1,00												
Окисність	0,30	-0,25	0,06	1,00											
Сухий залишок	-0,22	0,24	0,11	-0,25	1,00										
Mg +2	-0,22	0,34	0,02	-0,18	0,16	1,00									
Ca+2	-0,01	0,00	0,08	0,03	0,34	-0,42	1,00								
Na+K	-0,14	0,16	0,10	-0,26	0,97	0,15	0,25	1,00							
HCO3-	0,10	-0,13	-0,10	-0,28	0,26	0,01	-0,25	0,32	1,00						
SO4-2	-0,10	0,21	0,05	0,01	0,63	0,07	0,29	0,58	-0,24	1,00					
Cl-	-0,20	0,17	0,13	-0,28	0,95	0,18	0,33	0,95	0,32	0,40	1,00				
M	-0,14	0,18	0,09	-0,26	0,98	0,17	0,32	0,99	0,27	0,62	0,95	1,00			
NH4+	0,13	-0,13	0,04	0,16	-0,02	0,00	-0,09	-0,01	0,12	-0,04	-0,02	-0,03	1,00		
NO2-	-0,02	-0,03	-0,51	-0,14	0,09	0,26	-0,38	0,07	0,26	-0,05	0,06	0,03	0,23	1,00	
NO3-	0,10	-0,20	0,08	0,16	0,17	-0,04	0,05	0,16	-0,03	0,23	0,11	0,16	0,35	0,18	1,00

Матриця коефіцієнтів кореляції між компонентами і характеристиками у шахтних водах 7 ВМ

7 ВМ	Прозорість	Зважені речовини	pH	Окисність	Сухий залишок	Mg +2	Ca+2	Na+K	HCO3-	SO4-2	Cl-	M	NH4+	NO2-	NO3-
Прозорість		1,00													
Зважені речовини		-0,85	1,00												
pH	-0,04	0,01	1,00												
Окисність	0,27	-0,20	-0,20	1,00											
Сухий залишок	0,02	-0,04	-0,07	0,31	1,00										
Mg +2	-0,16	0,01	0,04	-0,24	0,08	1,00									
Ca+2	0,15	-0,08	-0,25	0,50	0,53	-0,58	1,00								
Na+K	0,03	-0,04	-0,06	0,34	0,98	0,12	0,46	1,00							
HCO3-	0,06	-0,03	-0,12	0,00	0,37	-0,04	0,14	0,35	1,00						
SO4-2	-0,07	0,04	-0,03	0,17	0,56	0,09	0,23	0,52	0,11	1,00					
Cl-	0,05	-0,06	-0,06	0,37	0,96	0,13	0,51	0,96	0,28	0,36	1,00				
M	0,03	-0,04	-0,10	0,36	0,98	0,12	0,50	1,00	0,36	0,54	0,96	1,00			
NH4+	0,10	-0,04	-0,02	0,52	0,27	-0,11	0,19	0,31	0,05	0,28	0,26	0,31	1,00		
NO2-	-0,02	0,02	0,08	0,21	-0,03	0,05	-0,06	0,02	-0,01	0,41	-0,08	0,03	0,47	1,00	
NO3-	0,06	-0,05	-0,13	0,46	0,02	-0,11	0,28	0,04	-0,29	0,08	0,08	0,06	0,29	0,30	1,00

Матриця коефіцієнтів кореляції між компонентами і характеристиками у шахтних водах 8 ВМ

8 ВМ	Прозорість	Зважені речовини	pH	Окисність	Сухий залишок	Mg +2	Ca+2	Na+K	HCO3-	SO4-2	Cl-	M	NH4+	NO2-	NO3-	
Прозорість			1,00													
Зважені речовини		-0,68	1,00													
pH	-0,13	0,14	1,00													
Окисність		-0,20	0,14	-0,01	1,00											
Сухий залишок		-0,32	0,15	0,13	-0,04	1,00										
Mg +2		0,05	0,07	-0,26	0,22	0,04	1,00									
Ca+2		-0,19	0,06	-0,38	-0,20	0,22	-0,08	1,00								
Na+K		-0,29	0,12	0,16	0,04	0,94	-0,07	-0,01	1,00							
HCO3-		-0,22	0,06	0,06	-0,08	0,41	0,13	0,45	0,25	1,00						
SO4-2		-0,17	0,07	-0,05	-0,04	0,44	0,40	0,00	0,40	-0,04	1,00					
Cl-		-0,27	0,10	-0,10	0,04	0,89	0,02	0,27	0,87	0,30	0,25	1,00				
M		-0,34	0,15	0,03	0,00	0,97	0,05	0,28	0,94	0,43	0,47	0,89	1,00			
NH4+		0,12	-0,14	-0,27	0,04	-0,04	-0,31	-0,10	0,05	-0,09	-0,53	0,09	-0,05	1,00		
NO2-		0,08	-0,13	0,04	0,23	0,13	0,39	-0,26	0,15	0,08	0,18	0,06	0,14	0,09	1,00	
NO3-		-0,04	0,07	-0,12	0,52	0,17	0,41	-0,27	0,21	0,02	0,16	0,18	0,18	-0,09	0,43	1,00

Матриця коефіцієнтів кореляції між компонентами і характеристиками у шахтних водах 9 ВМ

9 ВМ	Прозорість	Зважені речовини	pH	Окисність	Сухий залишок	Mg +2	Ca+2	Na+K	HCO3-	SO4-2	Cl-	M	NH4+	NO2-	NO3-
Прозорість			1,00												
Зважені речовини			-0,42	1,00											
pH	0,07	-0,22	1,00												
Окисність	0,08	-0,11	0,28	1,00											
Сухий залишок	-0,05	0,30	-0,02	0,62	1,00										
Mg +2	-0,39	0,59	-0,29	0,01	0,38	1,00									
Ca+2	-0,11	0,26	-0,14	0,31	0,76	0,35	1,00								
Na+K	0,07	0,05	0,09	0,66	0,96	0,18	0,67	1,00							
HCO3-	-0,02	-0,24	0,72	0,05	-0,16	-0,34	-0,16	-0,10	1,00						
SO4-2	-0,25	0,28	-0,54	-0,15	0,23	0,75	0,42	0,12	-0,53	1,00					
Cl-	0,02	0,25	0,08	0,68	0,98	0,25	0,69	0,97	-0,10	0,02	1,00				
M	0,03	0,07	0,05	0,63	0,97	0,27	0,72	0,99	-0,12	0,22	0,96	1,00			
NH4+	-0,22	0,22	0,12	0,10	0,27	-0,08	0,43	0,21	0,29	-0,09	0,27	0,21	1,00		
NO2-	0,23	-0,12	0,23	0,03	-0,13	-0,10	-0,10	-0,10	0,04	-0,03	-0,12	-0,10	-0,24	1,00	
NO3-	0,09	-0,09	0,24	0,56	0,49	-0,17	0,58	0,48	-0,01	-0,18	0,54	0,46	0,48	0,00	1,00

Матриця коефіцієнтів кореляції між компонентами і характеристиками у шахтних водах 10 ВМ

10 ВМ	Прозорість	Зважені речовини	pH	Окисність	Сухий залишок	Mg +2	Ca+2	Na+K	HCO3-	SO4-2	Cl-	M	NH4+	NO2-	NO3-
Прозорість															
	1,00														
Зважені речовини	-0,76	1,00													
pH	-0,07	0,11	1,00												
Окисність	-0,34	0,14	0,10	1,00											
Сухий залишок	0,08	0,01	-0,04	-0,60	1,00										
Mg +2	-0,03	0,01	-0,42	-0,04	0,20	1,00									
Ca+2	0,34	-0,19	0,08	-0,24	-0,04	-0,41	1,00								
Na+K	0,00	0,08	0,05	-0,57	0,97	0,09	0,03	1,00							
HCO3-	0,01	0,09	0,33	0,04	0,01	-0,24	0,00	0,04	1,00						
SO4-2	-0,04	-0,07	-0,04	0,03	-0,09	0,06	-0,09	-0,12	0,13	1,00					
Cl-	0,03	0,06	0,02	-0,58	0,96	0,16	0,03	0,98	-0,08	-0,24	1,00				
M	0,02	0,07	0,04	-0,58	0,97	0,11	0,07	1,00	0,06	-0,09	0,97	1,00			
NH4+	-0,15	0,07	0,00	-0,16	0,14	-0,08	0,07	0,18	0,05	0,01	0,15	0,19	1,00		
NO2-	-0,08	0,07	0,28	-0,20	0,14	-0,26	0,15	0,27	-0,04	-0,40	0,32	0,25	-0,11	1,00	
NO3-	-0,04	0,30	-0,04	-0,18	0,40	0,15	-0,21	0,38	0,08	-0,10	0,37	0,37	0,11	-0,07	1,00

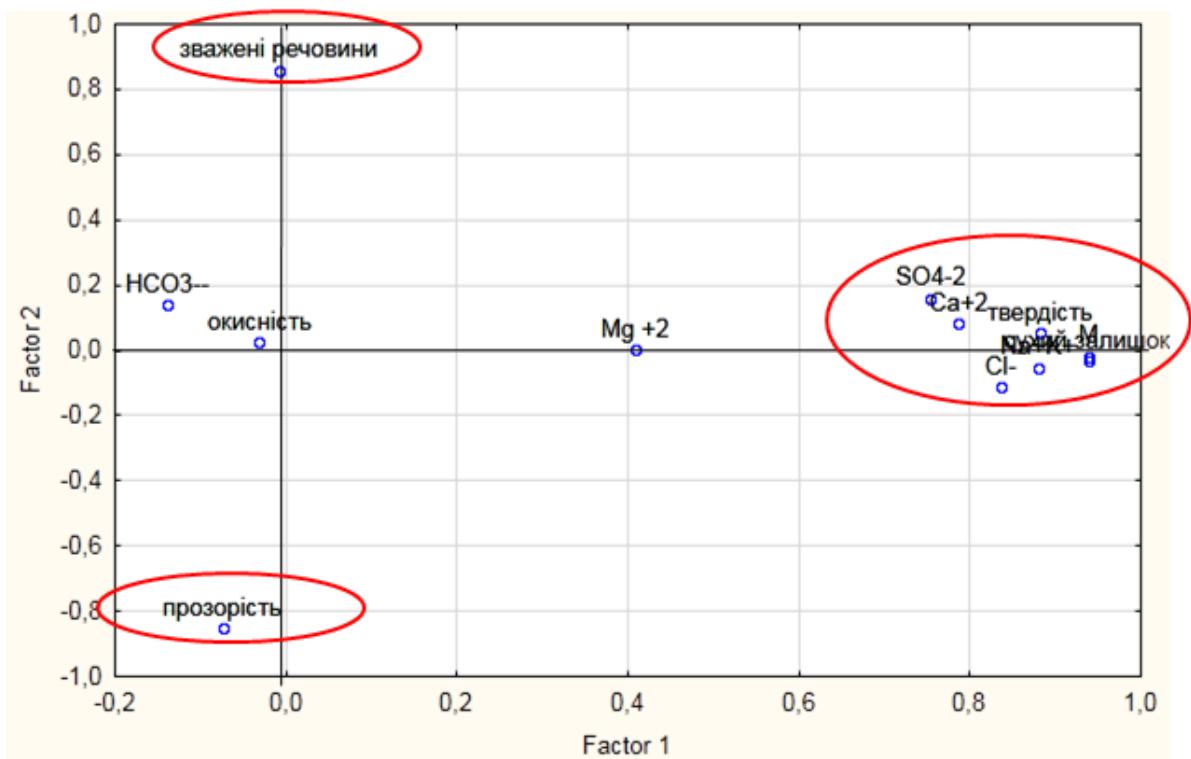
Додаток Ж

Власні значення і вага фактора для усіх шахтних вод ЧГПР

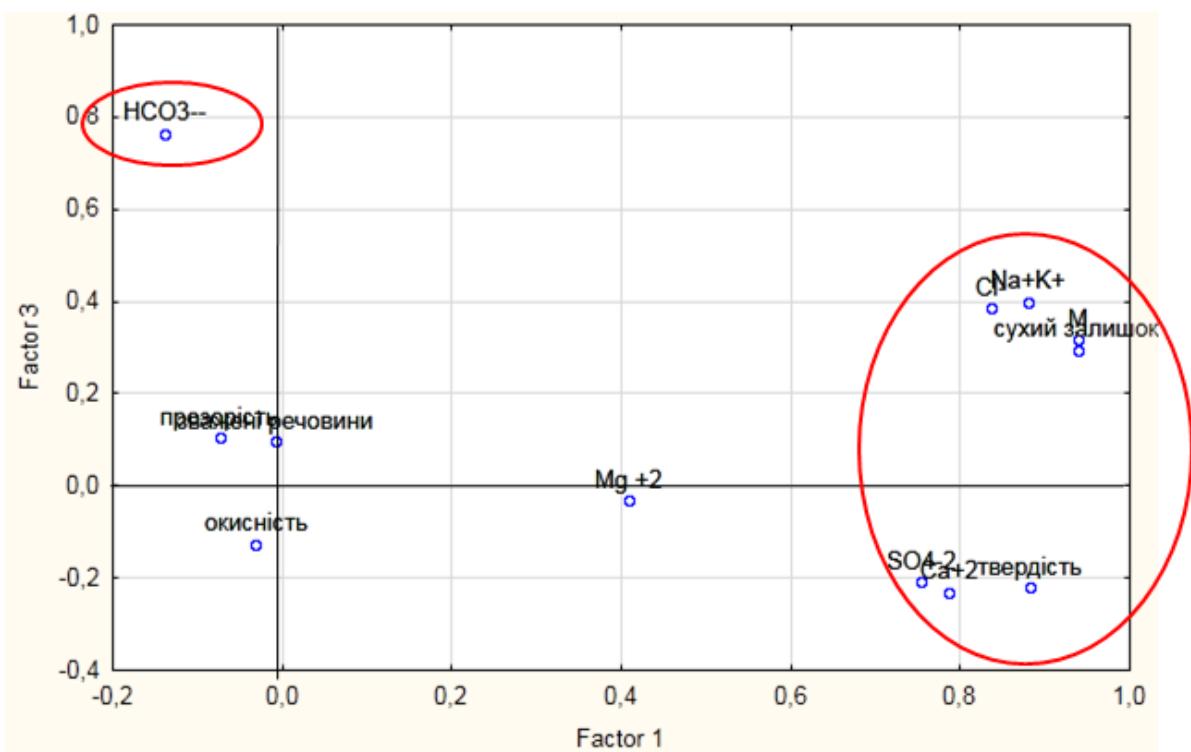
	власні значення	вага фактора %	сумарні значення	сумарна вага факторів %
1	5,48	45,68	5,48	45,68
2	1,54	12,84	7,02	58,52
3	1,17	9,76	8,19	68,28

Матриця факторних навантажень для усіх шахтних вод ЧГПР

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
прозорість	-0,07	-0,85	0,11
зважені речовини	-0,01	0,86	0,10
окисність	-0,03	0,02	-0,13
сухий залишок	0,94	-0,03	0,30
твердість	0,88	0,05	-0,22
Mg ²⁺	0,41	0,00	-0,03
Ca ²⁺	0,79	0,08	-0,23
Na ⁺ + K ⁺	0,88	-0,05	0,40
HCO ₃ ⁻	-0,14	0,14	0,76
SO ₄ ²⁻	0,75	0,16	-0,21
Cl ⁻	0,84	-0,11	0,39
мінералізація	0,94	-0,02	0,32



Розподіл компонентів і характеристик складу усіх шахтних вод ЧГПР
в полях факторів F1-F2



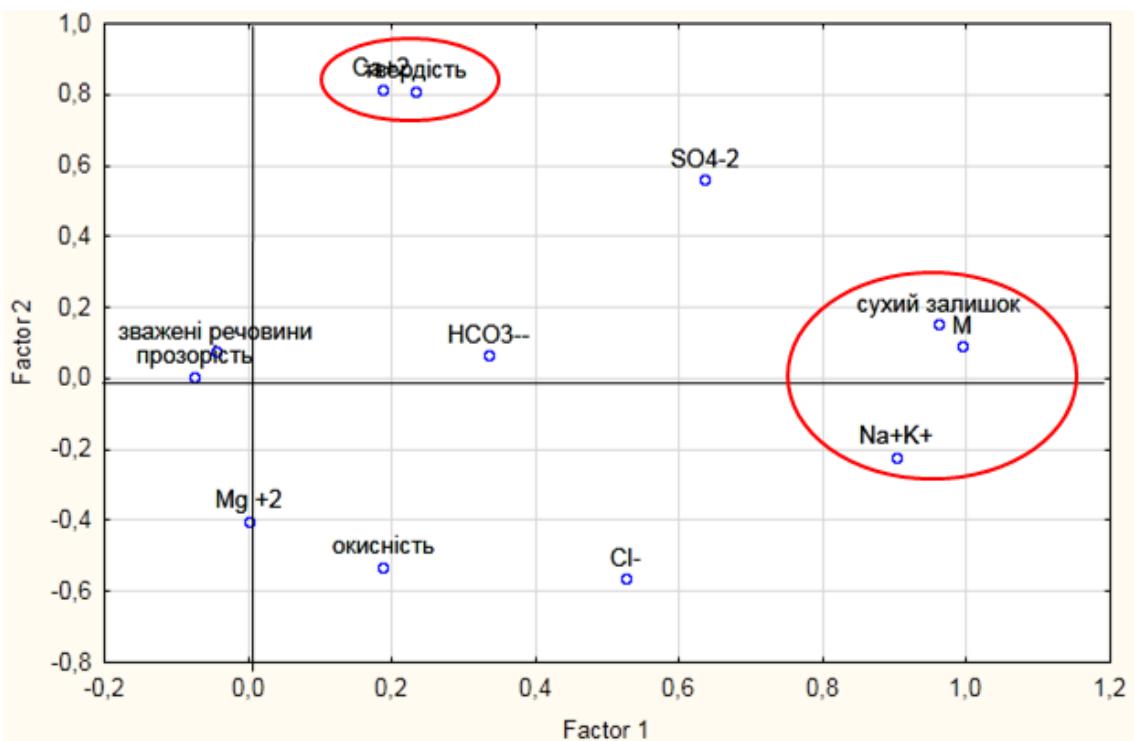
Розподіл компонентів і характеристик складу усіх шахтних вод ЧГПР в
полях факторів F1-F3

Власні значення і вага фактора для шахтних вод 1ВМ

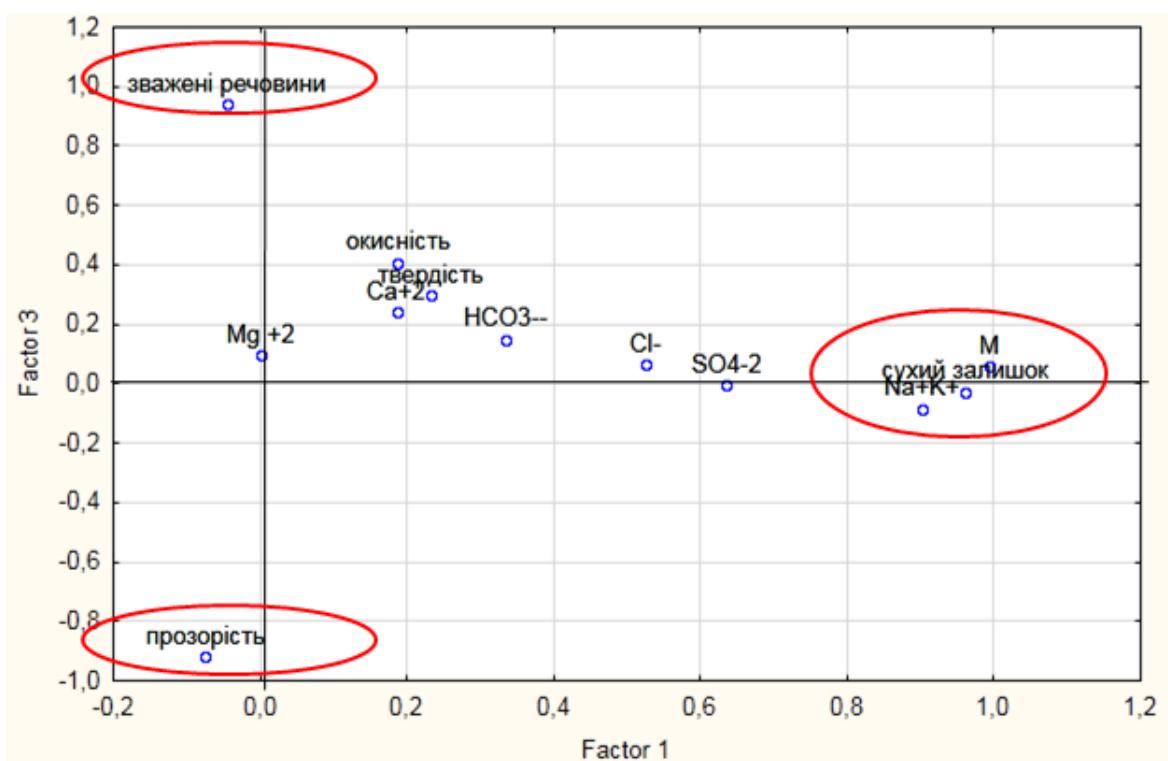
	власні значення	вага фактора %	сумарні значення	сумарна вага факторів %
1	3,81	31,72	3,81	31,72
2	2,45	20,40	6,25	52,12
3	1,97	16,43	8,23	68,55

Матриця факторних навантажень для шахтних вод 1ВМ

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
прозорість	-0,07	0,01	-0,92
зважені речовини	-0,05	0,07	0,94
окисність	0,19	-0,53	0,41
сухий залишок	0,96	0,15	-0,03
твердість	0,23	0,81	0,30
Mg ²⁺	0,00	-0,40	0,10
Ca ²⁺	0,19	0,82	0,24
Na ⁺ + K ⁺	0,90	-0,22	-0,08
HCO ₃ ⁻	0,33	0,07	0,15
SO ₄ ²⁻	0,64	0,56	-0,01
Cl ⁻	0,53	-0,56	0,06
мінералізація	0,99	0,09	0,06



Розподiл компонентiв i характеристик складу шахтних вод 1 ВМ
в полях факторiв F1-F2



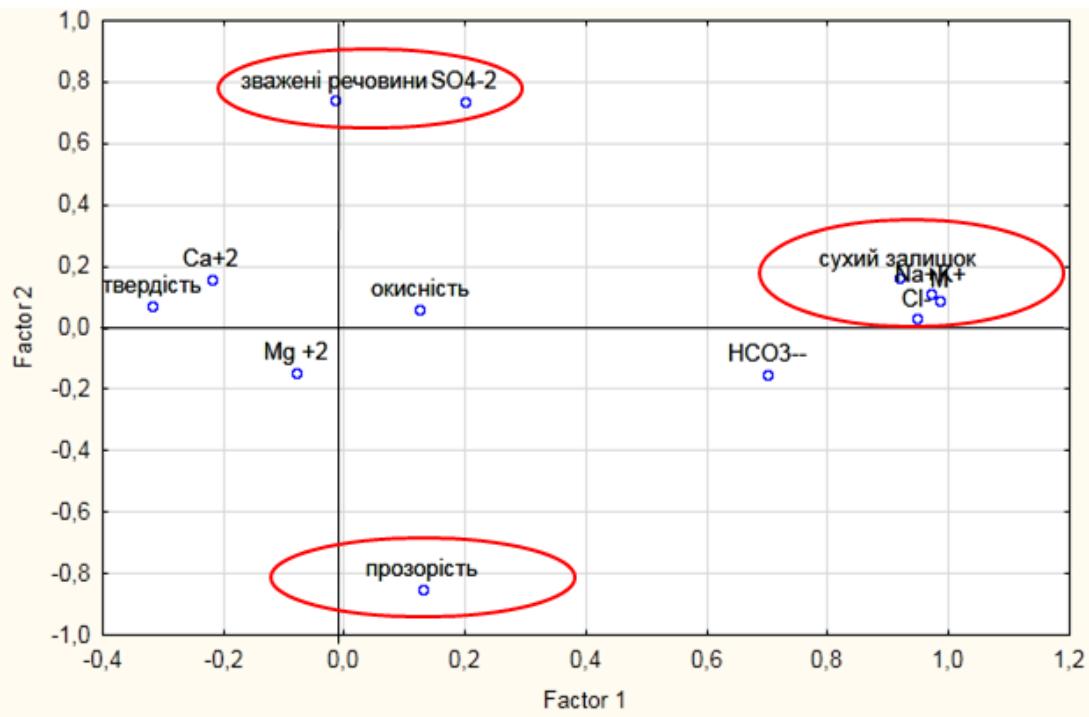
Розподiл компонентiв i характеристик складу шахтних вод 1 ВМ
в полях факторiв F1-F2

Власні значення і вага фактора для шахтних вод 2 ЧГ

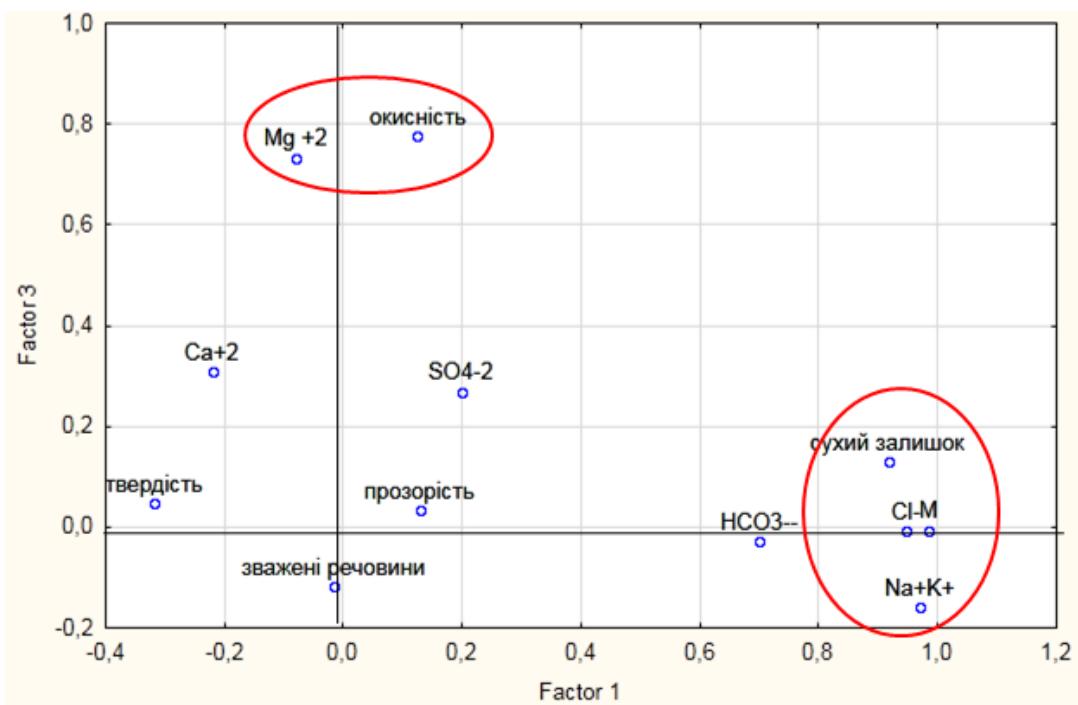
	власні значення	вага фактора %	сумарні значення	сумарна вага факторів %
1	4,39	36,60	4,39	36,60
2	1,93	16,10	6,32	52,71
3	1,35	11,26	7,68	63,96

Матриця факторних навантажень для шахтних вод 2ЧГ

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
прозорість	0,13	-0,85	0,03
зважені речовини	-0,02	0,74	-0,12
окисність	0,12	0,06	0,78
сухий залишок	0,92	0,16	0,13
твердість	-0,32	0,07	0,05
Mg ²⁺	-0,08	-0,15	0,73
Ca ²⁺	-0,22	0,16	0,31
Na ⁺ + K ⁺	0,97	0,11	-0,16
HCO ₃ ⁻	0,70	-0,15	-0,03
SO ₄ ²⁻	0,20	0,74	0,27
Cl ⁻	0,95	0,03	-0,01
мінералізація	0,98	0,09	-0,01



Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 2 ЧГ
в полях факторів F1-F2



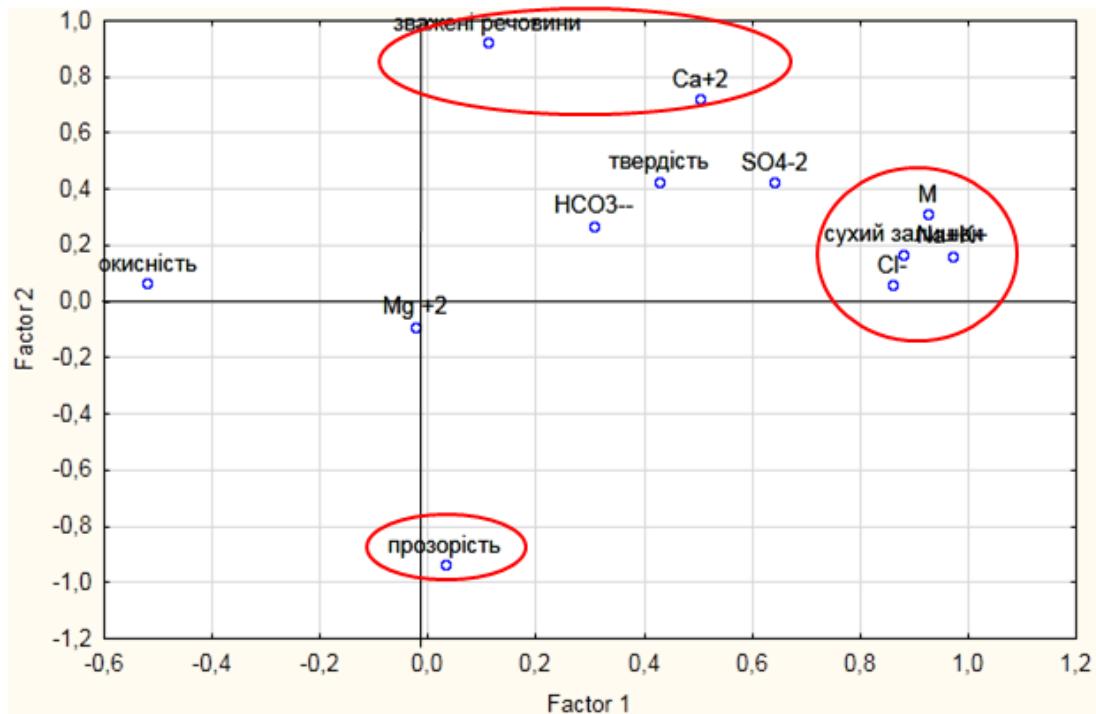
Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 2 ЧГ
в полях факторів F1-F3

Власні значення і вага фактора для шахтних вод ЗВМ

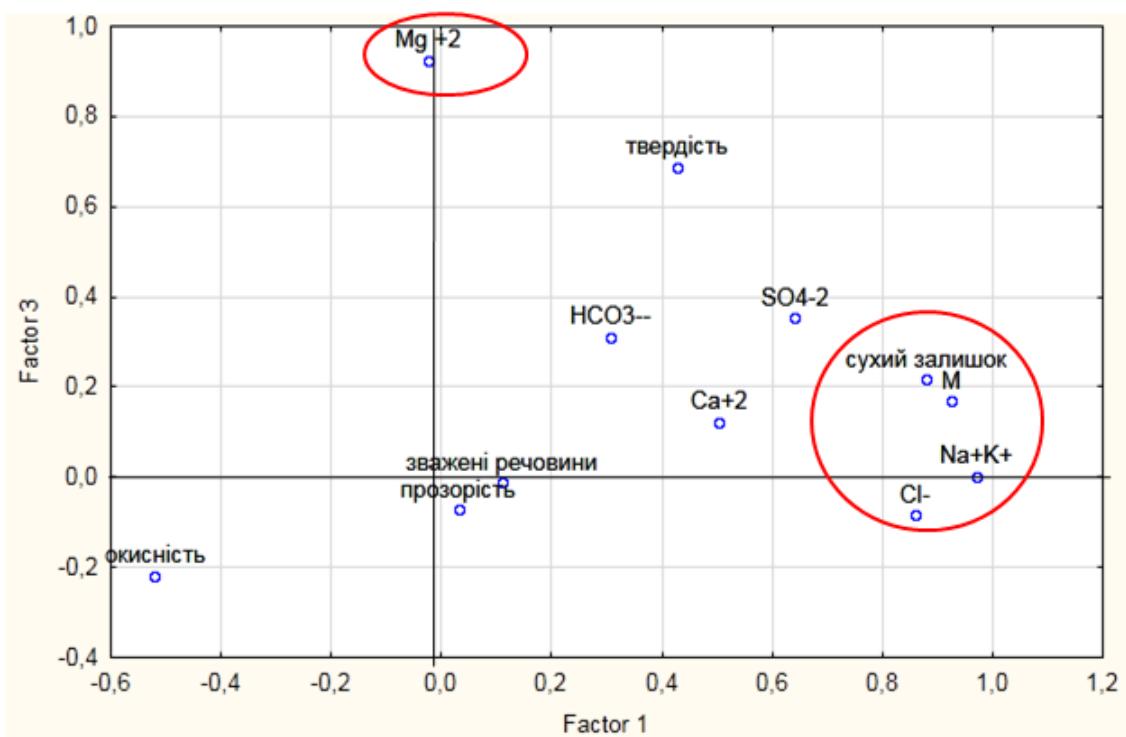
	власні значення	вага фактора %	сумарні значення	сумарна вага факторів %
1	5,86	48,82	5,86	48,82
2	1,90	15,86	7,76	64,68
3	1,33	11,10	9,09	75,79

Матриця факторних навантажень для шахтних вод ЗВМ

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
прозорість	0,03	-0,94	-0,07
зважені речовини	0,11	0,92	-0,01
окисність	-0,52	0,06	-0,22
сухий залишок	0,88	0,17	0,22
твердість	0,43	0,43	0,69
Mg ²⁺	-0,02	-0,09	0,92
Ca ²⁺	0,50	0,72	0,12
Na ⁺ + K ⁺	0,97	0,16	0,00
HCO ₃ ⁻	0,31	0,27	0,31
SO ₄ ²⁻	0,64	0,42	0,35
Cl ⁻	0,86	0,06	-0,08
мінералізація	0,92	0,31	0,17



Розподiл компонентiв i характеристик складу шахтних вод з ВМ
в полях факторiв F1-F2



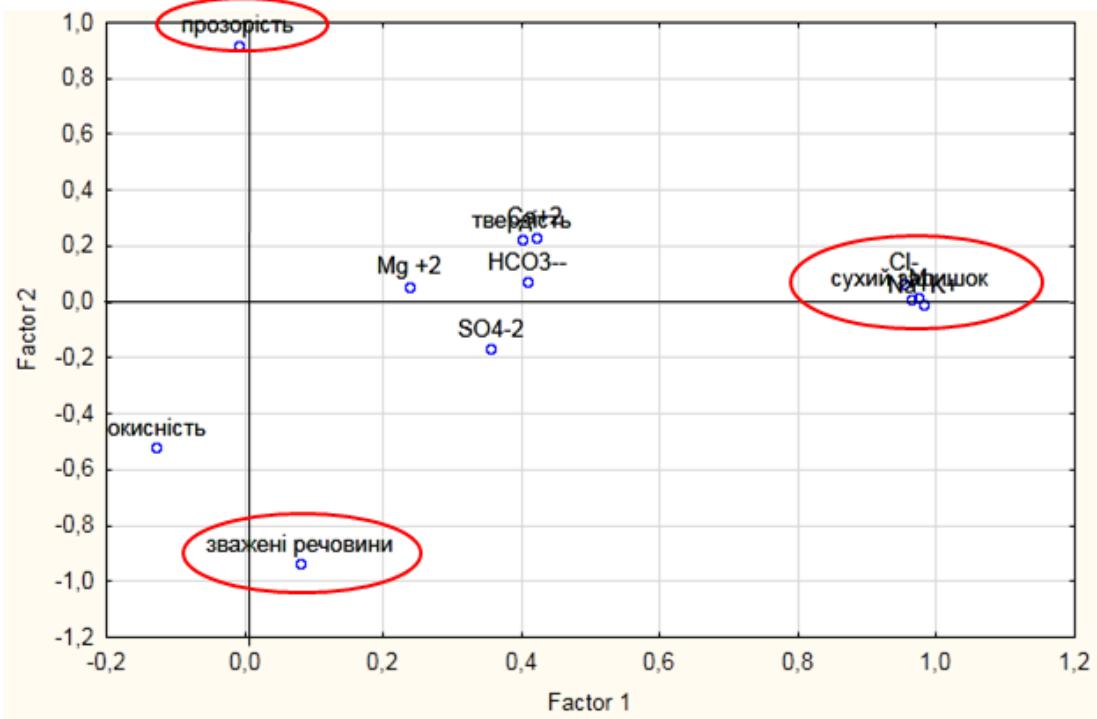
Розподiл компонентiв i характеристик складу шахтних вод з ВМ
в полях факторiв F1-F3

Власні значення і вага фактора для шахтних вод 4ВМ

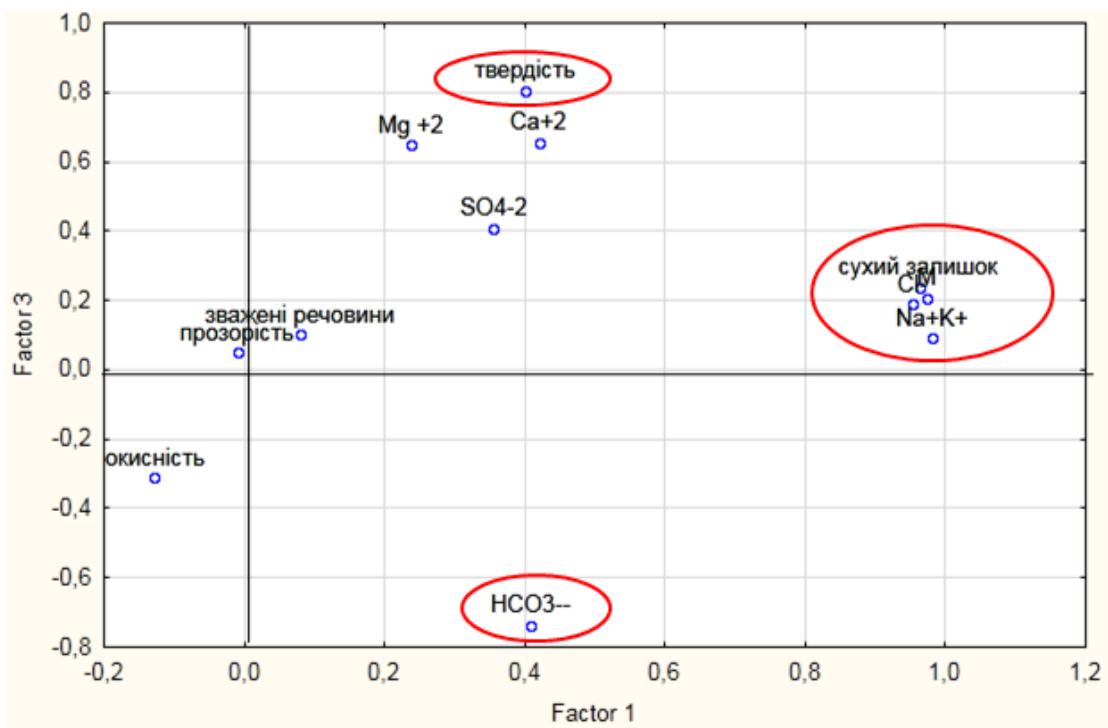
	власні значення	вага фактора %	сумарні значення	сумарна вага факторів %
1	5,18	43,19	5,18	43,19
2	2,21	18,46	7,40	61,64
3	1,66	13,84	9,06	75,48

Матриця факторних навантажень для шахтних вод 4ВМ

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
прозорість	-0,01	0,92	0,05
зважені речовини	0,08	-0,94	0,10
окисність	-0,13	-0,52	-0,31
сухий залишок	0,96	0,01	0,24
твердість	0,40	0,22	0,81
Mg ²⁺	0,24	0,06	0,65
Ca ²⁺	0,42	0,23	0,66
Na ⁺ + K ⁺	0,98	-0,01	0,09
HCO ₃ ⁻	0,41	0,07	-0,74
SO ₄ ²⁻	0,36	-0,17	0,41
Cl ⁻	0,95	0,07	0,19
мінералізація	0,97	0,02	0,21



Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 4 ВМ
в полях факторів F1-F2



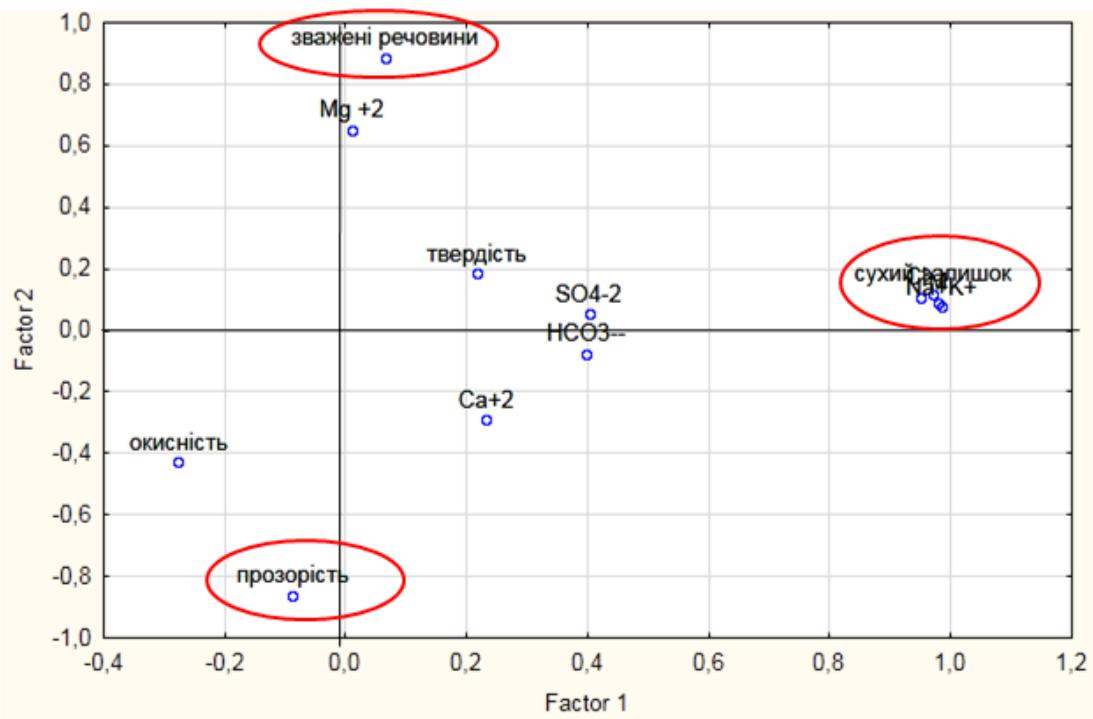
Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 4 ВМ
в полях факторів F1-F3

Власні значення і вага фактора для шахтних вод 6ВМ

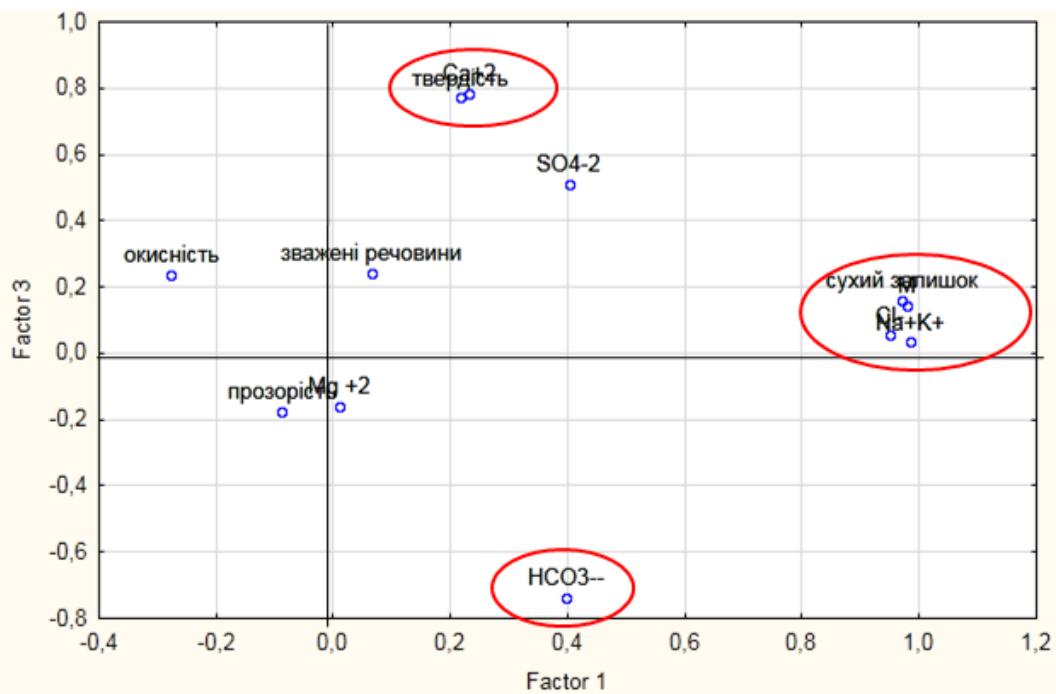
	власні значення	вага фактора %	сумарні значення	сумарна вага факторів %
1	4,63	38,56	4,63	38,56
2	2,14	17,85	6,77	56,41
3	2,06	17,15	8,83	73,56

Матриця факторних навантажень для шахтних вод 6ВМ

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
прозорість	-0,09	-0,86	-0,17
зважені речовини	0,07	0,89	0,24
окисність	-0,28	-0,43	0,24
сухий залишок	0,97	0,12	0,16
твердість	0,22	0,19	0,77
Mg ²⁺	0,01	0,65	-0,16
Ca ²⁺	0,23	-0,29	0,78
Na ⁺ + K ⁺	0,98	0,08	0,04
HCO ₃ ⁻	0,40	-0,08	-0,74
SO ₄ ²⁻	0,40	0,05	0,51
Cl ⁻	0,95	0,11	0,05
мінералізація	0,98	0,09	0,14



Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 6 ВМ
в полях факторів F1-F2



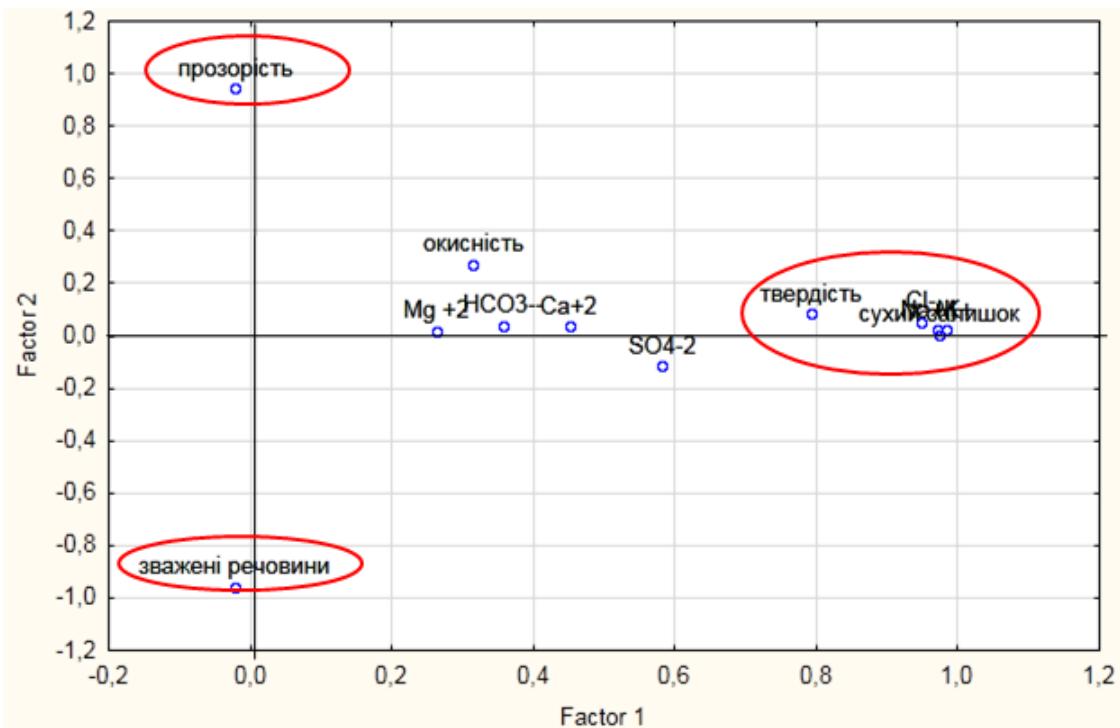
Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 6 ВМ
в полях факторів F1-F3

Власні значення і вага фактора для шахтних вод 7ВМ

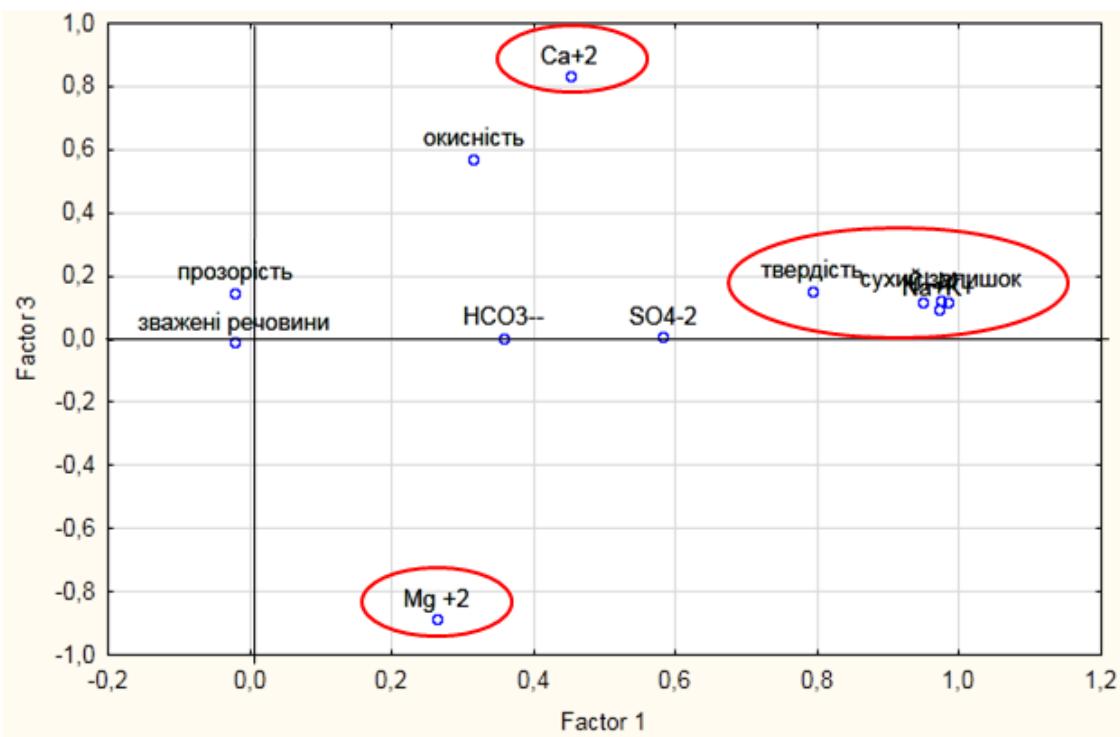
	власні значення	вага фактора %	сумарні значення	сумарна вага факторів %
1	5,46	45,53	5,46	45,53
2	2,08	17,34	7,54	62,87
3	1,49	12,41	9,03	75,27

Матриця факторних навантажень для шахтних вод 7ВМ

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
прозорість	-0,02	0,95	0,15
зважені речовини	-0,02	-0,96	-0,01
окисність	0,32	0,27	0,57
сухий залишок	0,97	0,00	0,12
твердість	0,79	0,08	0,15
Mg ²⁺	0,26	0,02	-0,89
Ca ²⁺	0,45	0,04	0,83
Na ⁺ + K ⁺	0,97	0,02	0,10
HCO ₃ ⁻	0,36	0,04	0,01
SO ₄ ²⁻	0,58	-0,12	0,01
Cl ⁻	0,95	0,05	0,12
мінералізація	0,98	0,02	0,12



Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 7 ВМ
в полях факторів F1-F2



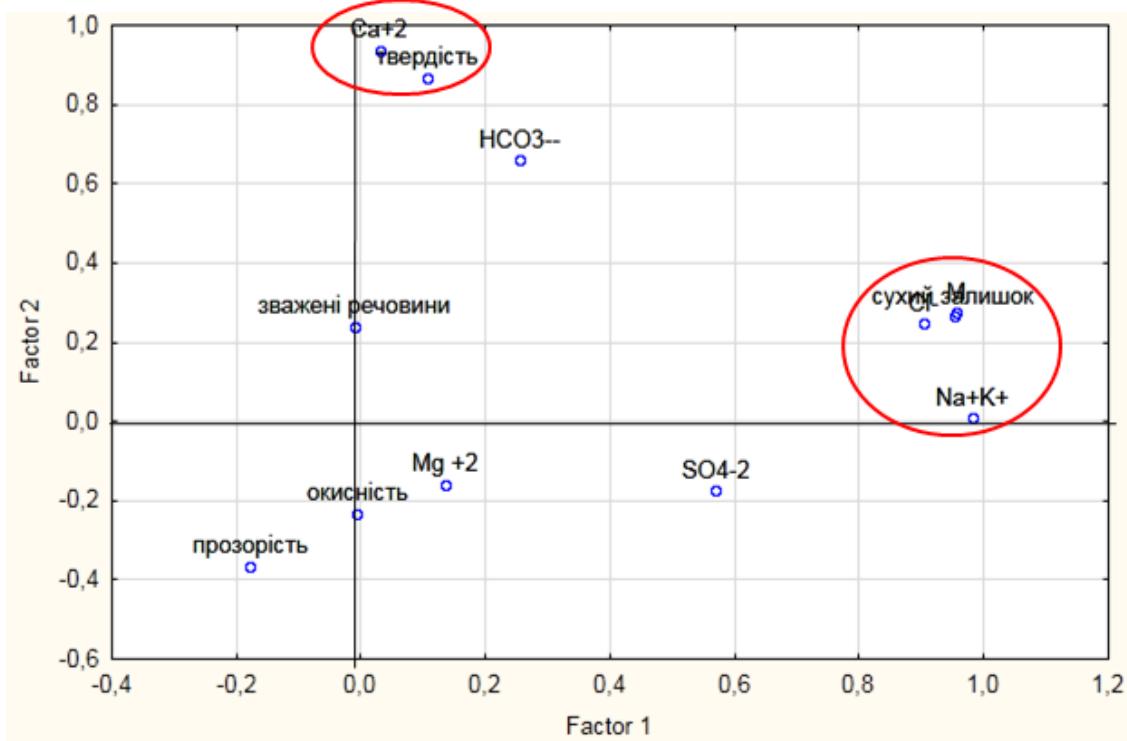
Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 7 ВМ
в полях факторів F1-F3

Власні значення і вага фактора для шахтних вод 8ВМ

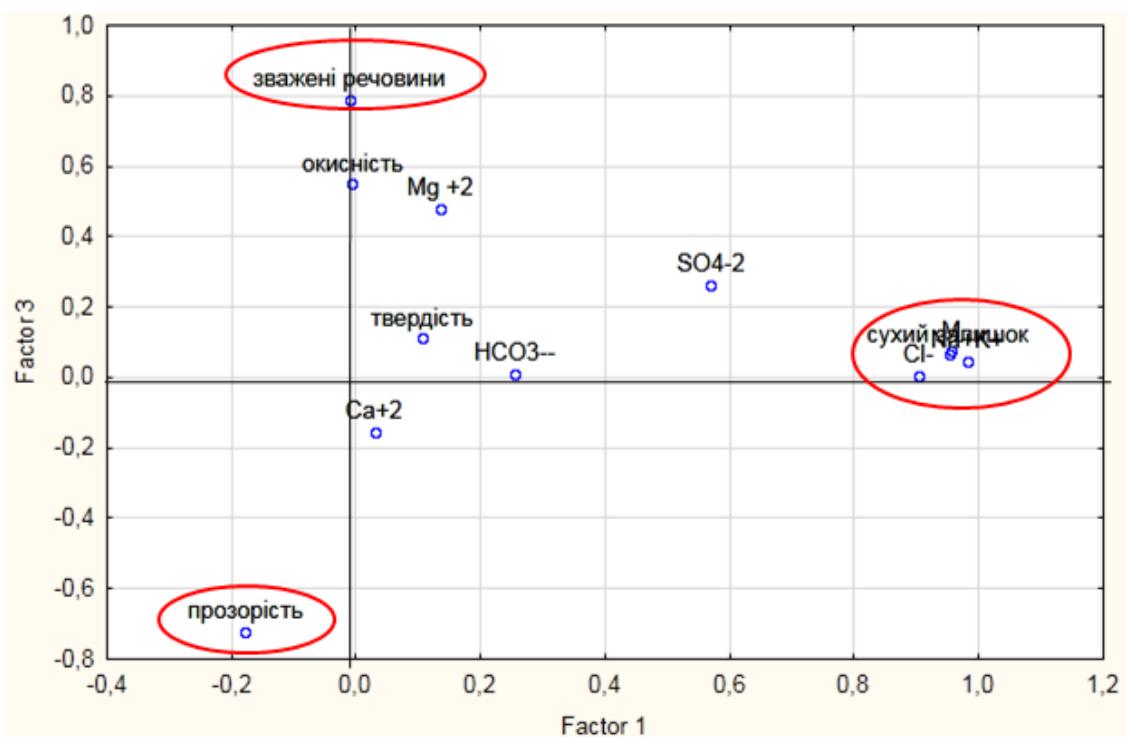
	власні значення	вага фактора %	сумарні значення	сумарна вага факторів %
1	4,65	38,77	4,65	38,77
2	2,09	17,45	6,75	56,22
3	1,68	13,98	8,42	70,19

Матриця факторних навантажень для шахтних вод 8ВМ

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
прозорість	-0,18	-0,36	-0,72
зважені речовини	-0,01	0,24	0,79
окисність	-0,01	-0,23	0,55
сухий залишок	0,95	0,27	0,06
твердість	0,11	0,87	0,11
Mg ²⁺	0,14	-0,16	0,48
Ca ²⁺	0,03	0,94	-0,15
Na ⁺ + K ⁺	0,98	0,01	0,05
HCO ₃ ⁻	0,25	0,66	0,01
SO ₄ ²⁻	0,57	-0,17	0,26
Cl ⁻	0,90	0,25	0,01
мінералізація	0,96	0,27	0,08



Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 8 ВМ
в полях факторів F1-F2



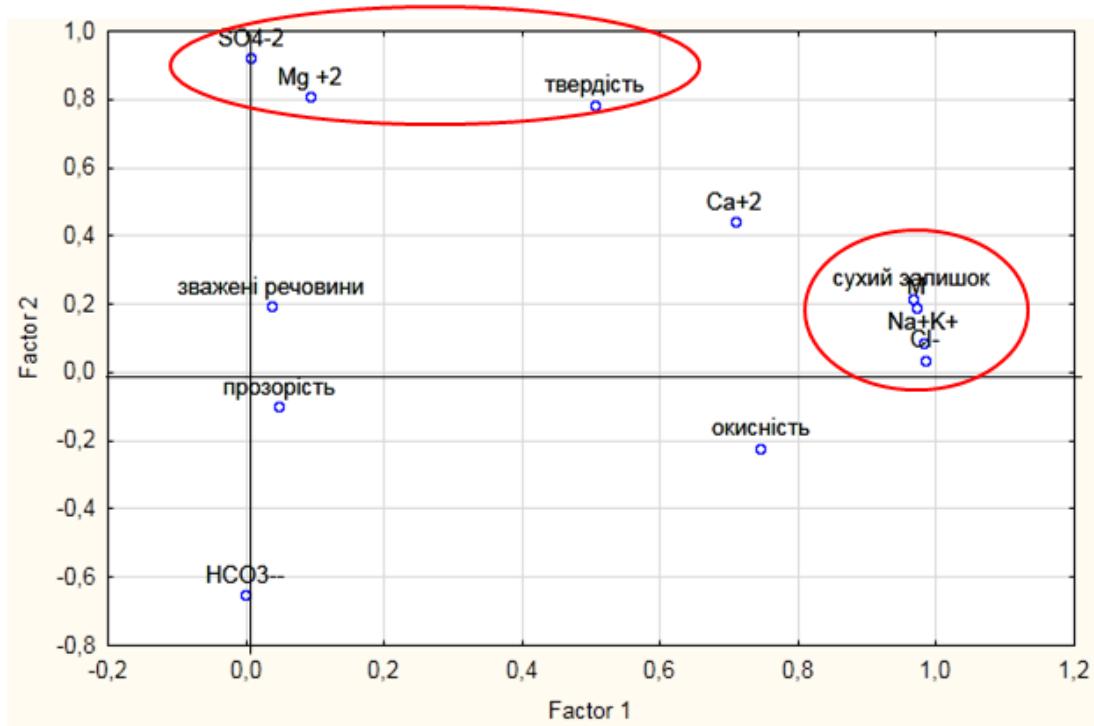
Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 8 ВМ
в полях факторів F1-F3

Власні значення і вага фактора для шахтних вод 9ВМ

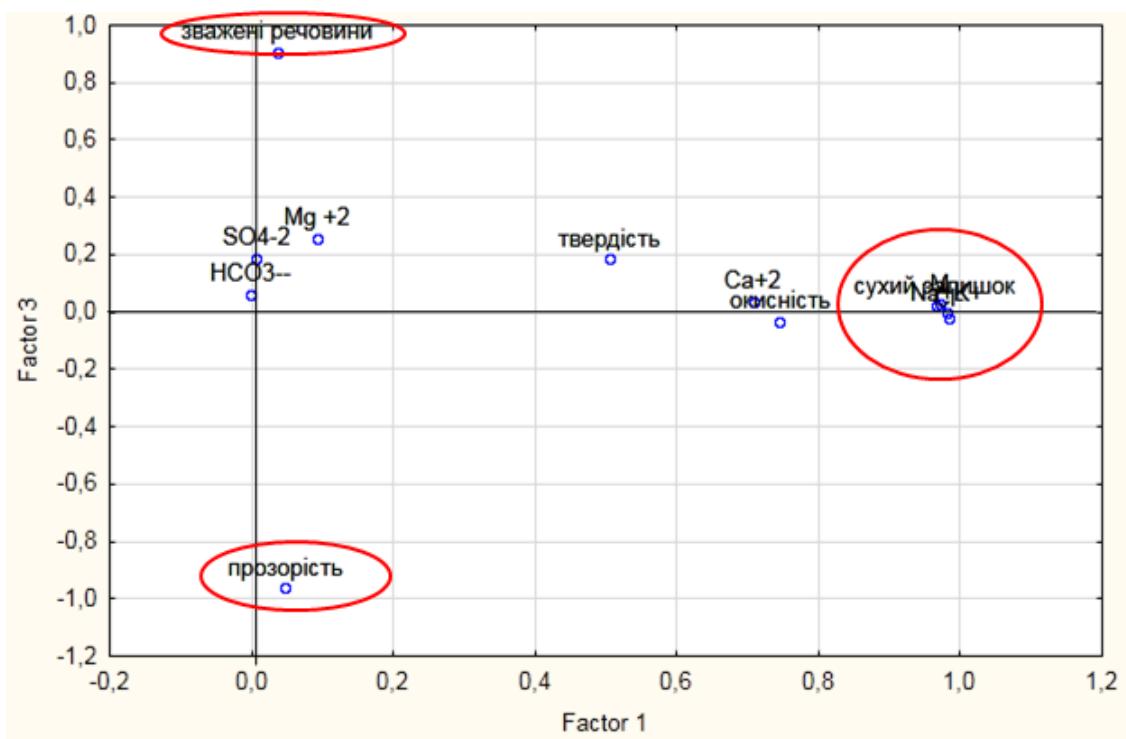
	власні значення	вага фактора %	сумарні значення	сумарна вага факторів %
1	5,67	47,28	5,67	47,28
2	2,87	23,93	8,54	71,21
3	1,41	11,73	9,95	82,94

Матриця факторних навантажень для шахтних вод 9ВМ

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
прозорість	0,05	-0,10	-0,96
зважені речовини	0,04	0,19	0,91
окисність	0,74	-0,22	-0,03
сухий залишок	0,97	0,22	0,02
твердість	0,51	0,78	0,18
Mg ²⁺	0,09	0,81	0,26
Ca ²⁺	0,71	0,44	0,04
Na ⁺ + K ⁺	0,98	0,09	0,00
HCO ₃ ⁻	0,00	-0,65	0,06
SO ₄ ²⁻	0,01	0,92	0,19
Cl ⁻	0,98	0,04	-0,02
мінералізація	0,97	0,19	0,03



Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 9 ВМ
в полях факторів F1-F2



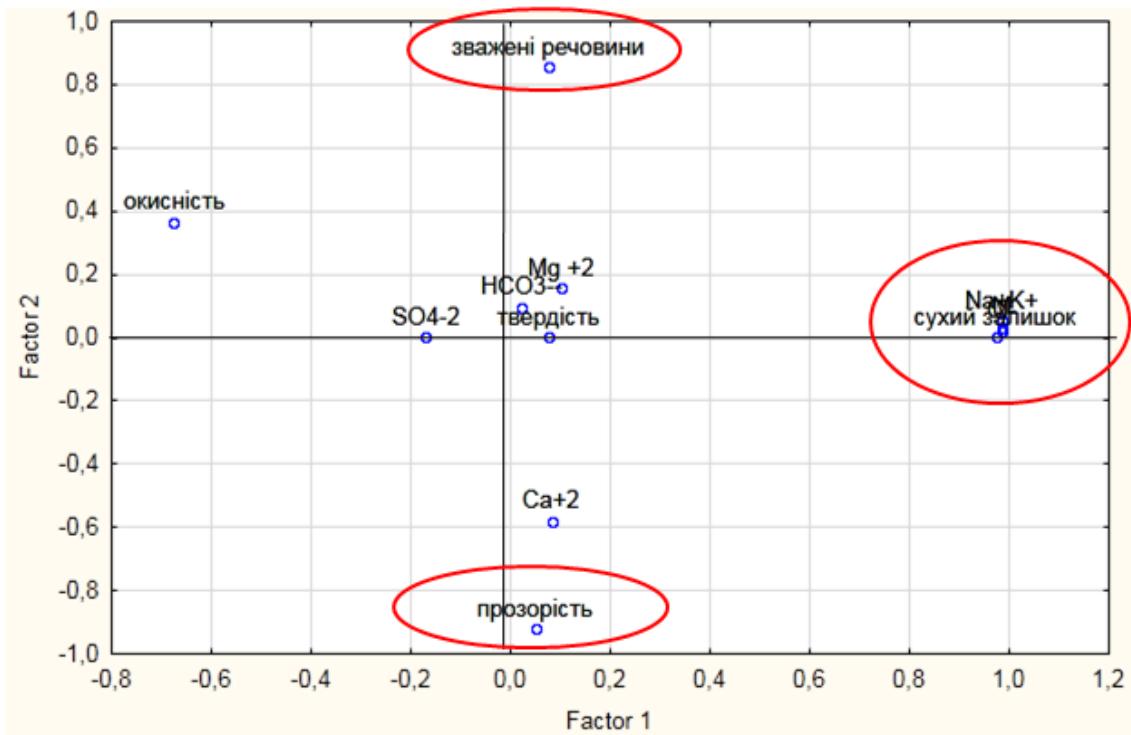
Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 9 ВМ
в полях факторів F1-F3

Власні значення і вага фактора для шахтних вод 10ВМ

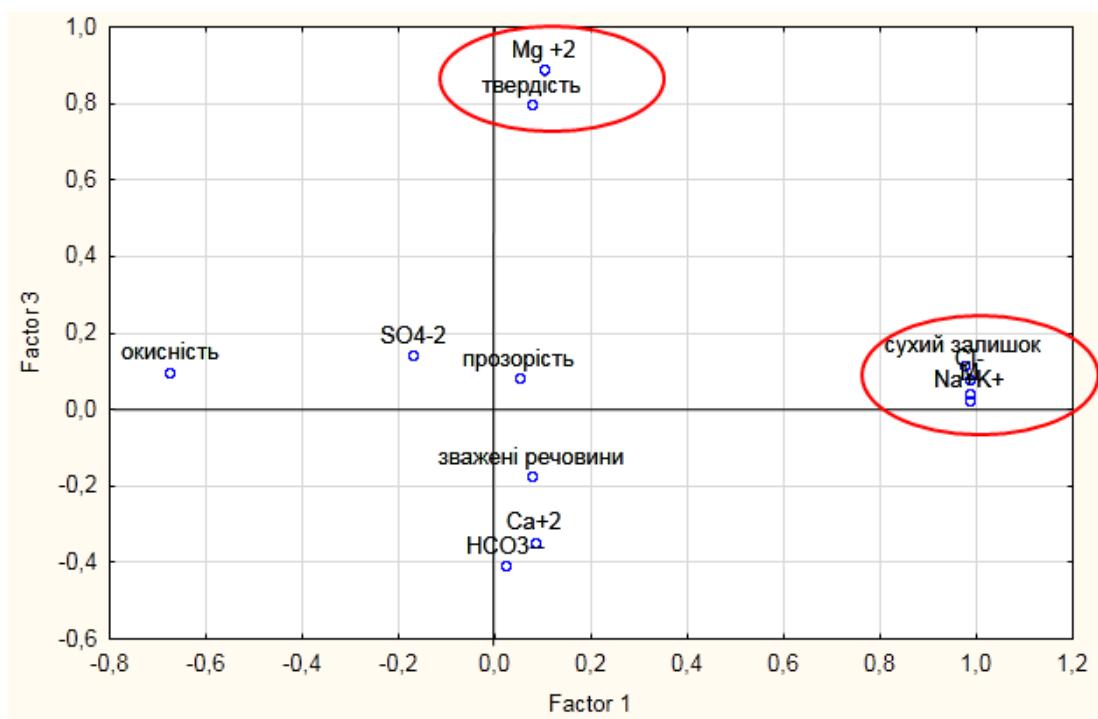
	власні значення	вага фактора %	сумарні значення	сумарна вага факторів %
1	4,42	36,81	4,42	36,81
2	2,13	17,76	6,55	54,58
3	1,72	14,37	8,27	68,95

Матриця факторних навантажень для шахтних вод 10ВМ

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
прозорість	0,05	-0,92	0,08
зважені речовини	0,08	0,86	-0,17
окисність	-0,68	0,37	0,10
сухий залишок	0,97	0,00	0,12
твердість	0,08	0,00	0,80
Mg ²⁺	0,10	0,16	0,89
Ca ²⁺	0,08	-0,58	-0,35
Na ⁺ + K ⁺	0,99	0,05	0,02
HCO ₃ ⁻	0,02	0,10	-0,41
SO ₄ ²⁻	-0,17	0,00	0,14
Cl ⁻	0,98	0,02	0,08
мінералізація	0,99	0,03	0,04



Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 10 ВМ
в полях факторів F1-F2



Розподіл компонентів і характеристик складу шахтних вод 10ВМ
в полях факторів F1-F3