

С. П. Войтович, старший лаборант (Львівський національний університет імені Івана Франка), starostasvetik@mail.ru

ГІДРОГЕОХІМІЧНЕ РАЙОНУВАННЯ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

Проведено комплексний гідрогеохімічний аналіз шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району. Визначено райони поширення певних діапазонів концентрацій головних іонів складу шахтних вод, а також їх просторові геохімічні особливості. За результатами досліджень розроблено картосхеми районування шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району за мінералізацією та вмістом основних макрокомпонентів. Районування регіону за цими водами дало можливість виокремити чинники формування їх складу. Окрім геохімічного типу, мінералізації та інших параметрів шахтних вод, вивчено геологічні, структурні, фізико-географічні, техногенні та інші чинники формування їх складу. Схарактеризовано основні екологічні проблеми досліджуваного району та оцінено вплив цих вод на довкілля, а також запропоновано рекомендації щодо зменшення їх негативного впливу на довкілля.

Ключові слова: шахтна вода, компоненти вод, гідрогеохімічне районування, Червоноградський гірничопромисловий район.

Вступ та постановка проблеми. Високі темпи господарського освоєння територій супроводжуються техногенною трансформацією природного середовища. Експертні оцінки стану довкілля в гірничодобувних регіонах України свідчать про зростання екологічної небезпеки й надзвичайне антропогенне перевантаження. Таким є Червоноградський гірничопромисловий район (ЧГПР) – найбільший вугільний комплекс Західної України. Понад 50 років тут на порівняно невеликій площі – 180 км² – видобувають кам'яне вугілля.

У ЧГПР протягом останніх десятиріч головними екологічними проблемами є осідання території, підтоплення, зміна геохімічних полів та забруднення ґрунтів, утворення техногенних ландшафтів, забруднення гідросфери й атмосфери. Діяльність гірничодобувних підприємств також спричиняє суттєві зміни гідрологічного стану великих територій. Основ-

ним джерелом забруднення поверхневих і пов'язаних з ними підземних вод є шахтні води, які впливають на стан водоносних горизонтів басейну, а також зумовлюють забруднення природних водойм: річок Рата, Солокія, Західний Буг. Щоб виявити, як вони впливають на довкілля, проведено комплексний гідрогеохімічний аналіз.

Щорічно з підземних виробок на поверхню викачують понад 4,0 млн м³ високомінералізованих шахтних вод. Найважливішою проблемою дослідження шахтних вод є виявлення районів поширення певних діапазонів концентрацій головних іонів їх складу та виявлення просторових геохімічних особливостей цих вод. Найліпшим засобом відображення цих особливостей є районування. Головним методом поглибленої оцінки є геохімічне картування, що дає можливість вивчити просторовий розподіл досліджуваних ком-

понент. Окрім геохімічного типу, умісту мікроелементів, газів, мінералізації та інших фізичних і хімічних параметрів вод, вивчені геологічні, структурні, фізико-географічні, техногенні та інші чинники формування їх складу. Такі дослідження мають важливе значення.

Екологічна ситуація, яка сьогодні склалася в регіоні, негативно впливає на всі складові доквілля.

Аналіз останніх досліджень. Шахтні води Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну вивчені недостатньо. Питаннями гідрогеохімії вугільних родовищ у різні роки займалися багато дослідників, але, на жаль, основну увагу вони приділяли проблемі очищення цих вод різними методами, з'ясуванню їх генези, а питання геохімії шахтних вод чи їх районування залишилися не досить висвітленими, як і вплив скидних шахтових вод на гідроєкосистеми річок досліджуваного району.

Аналіз виконаних робіт щодо шахтної гідрогеології для ЧГПР показує, що сьогодні особливості боротьби з підземними шахтними водами розглядаються в науковій літературі, однак повної та детальної картини про їх компонентний склад та схем районування цих вод для району дослідження й досі немає.

У статті зроблено спробу заповнити цю прогалину для Червоноградського гірничопромислового району, а також виконано гідрогеохімічне районування шахтних вод за мінералізацією та вмістом основних макрокомпонентів.

Постановка завдання. Мета статті – виявити просторові геохімічні особливості шахтних вод ЧГПР і за результатами досліджень розробити картосхеми районування цих вод за мінералізацією та вмістом основних макрокомпонентів.

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

Для виконання поставлених завдань використано методи: статистичні, математичного моделювання та аналізу й метод геохімічного картування.

Виклад основного матеріалу. Червоноградський гірничопромисловий район займає центральну частину Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну й на північному сході межує з Нововолинським гірничопромисловим районом. Він вважається основним у басейні, де експлуатація шахт розпочалася ще в 1957 році [4]. У межах басейну зосереджено приблизно 70–90 % балансових запасів вугілля, які розроблялися чи розробляються 12 шахтами, чотири з яких уже припинили свою діяльність (рис. 1).

ЧГПР розміщений у південно-західній частині Волино-Подільської плити. У геологічній будові Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну беруть участь докембрійські, силурійські, девонські, кам'яновугільні, юрські, верхньокрейдові та четвертинні утворення [1, 4]. Основне промислове значення мають вугільні пласти у відкладах бужанської світи серпуховського та нижньої частини башкирського ярусів нижнього карбону, які містять до 50-ти вугільних пластів і прошарків.

Як уже зазначалося, одним з основних джерел забруднення поверхневих і пов'язаних з ними підземних вод є шахтні води. Шахтні води – це підземні води, що проникли в гірничі виробки й потім пройшли через водовідливне господарство [3].

З метою визначення районів поширення певних діапазонів концентрацій головних іонів складу шахтних вод і просторових геохімічних особливостей було виконано комплексні дослідження з використанням математичних і статистичних методів. Результати аналізів шахтних вод від 2001 до 2012 року, які були виконані в лабораторії ДП “Львіввугілля”, зібрані в один масив. Далі весь діапазон отриманих значень розбили на малі інтервали й підраховували ймовірність потрапляння значень у певний інтервал. Результати досліджень надано у вигляді діаграм, які показують, як часто були отримані ті чи інші значен-

ня. Відповідно отримали графіки частот для таких характеристик, як мінералізація та вміст аніонів і катіонів.

На шахтах ЧГПР вміст компонентів шахтних вод змінюється в широких межах (рис. 2–8). Проведені дослідження показали такі результати.

Мінералізація шахтних вод варіює в широких межах: від 1000 до 13000 г/дм³, але найчастіше в межах від 2000 до 8000 мг/дм³.

У групі аніонів переважають хлориди з вмістом в основному 500–2500 мг/дм³. Кількість сульфатів досягає 3000, але найчастіше – 500–1500 мг/дм³. Гідрокарбона-

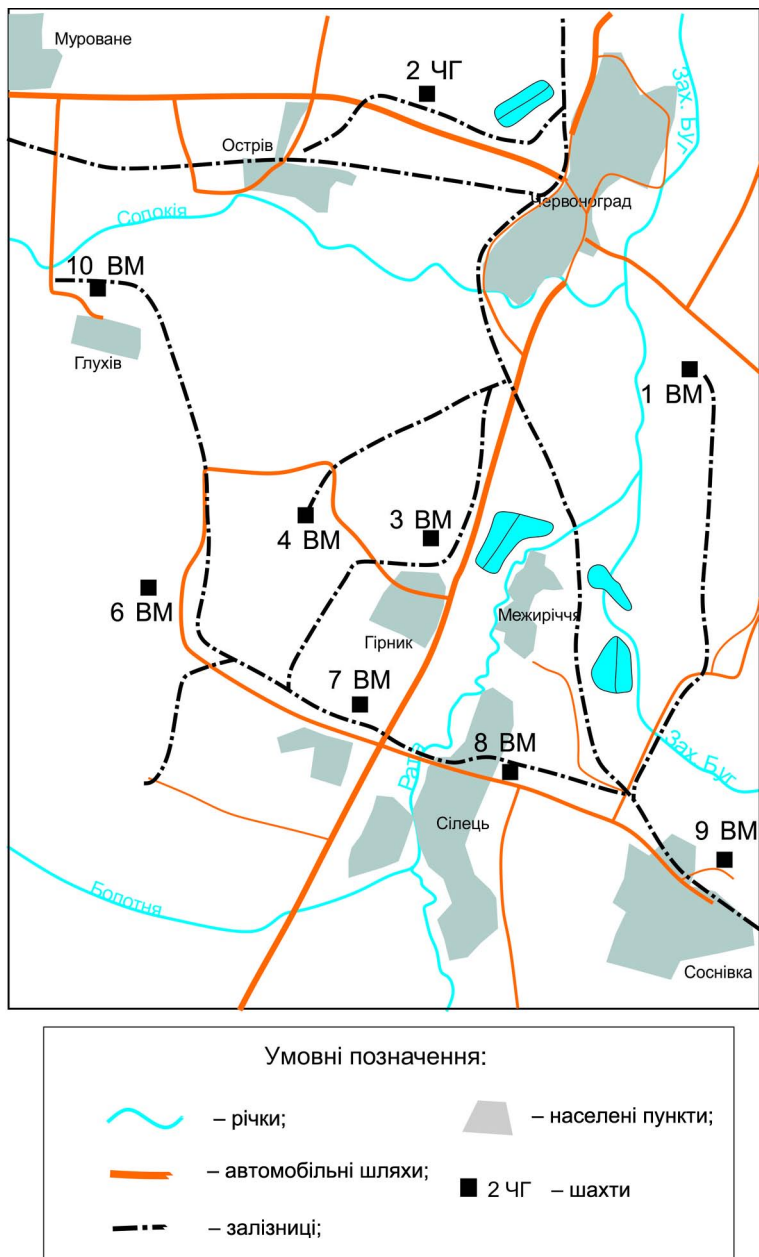


Рис. 1. Оглядова карта-схема Червоноградського гірничопромислового району

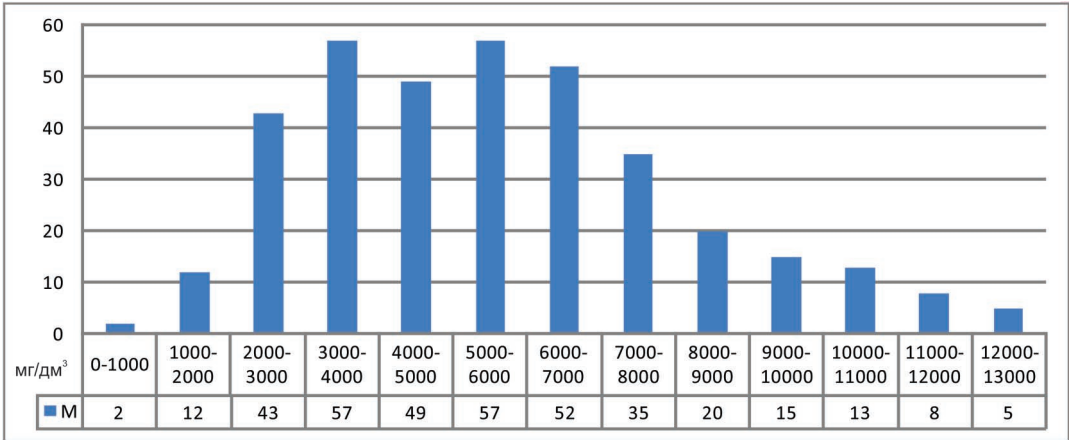


Рис. 2. Частота значень мінералізації для шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

ти трапляються в незначній кількості, переважно від 400 до 800 мг/дм³.

Серед катіонів переважають натрій і калій, калій присутній в основному в шахтних водах у кількості від 500 до 2500 мг/дм³. Уміст кальцію найчастіше становить 100, здебільшого не перевищуючи 200 мг/дм³, а магній не перевищує 100 мг/дм³.

Як і всяке природне утворення, шахтні води відображають складні природні взаємозалежності. Склад і властивості цих вод формуються під впливом фізико-гео-

графічних, геоморфологічних, геохімічних, геологічних, тектонічних, гідрологічних та антропогенних чинників, провідну роль серед яких відіграють геологічні (рис. 9).

Щоб визначити просторову зміну складу шахтних вод, використаний метод гідрогеохімічного районування, який полягав у виявленні закономірностей розподілу по території концентрацій окремих компонент складу шахтних вод, що характеризують умови їх формування та

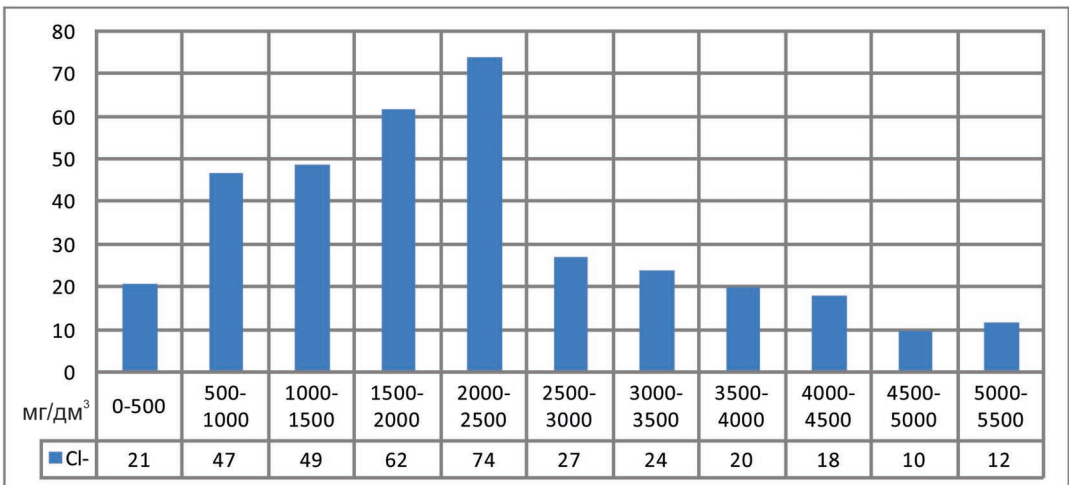


Рис. 3. Частота значень умісту Сl у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району

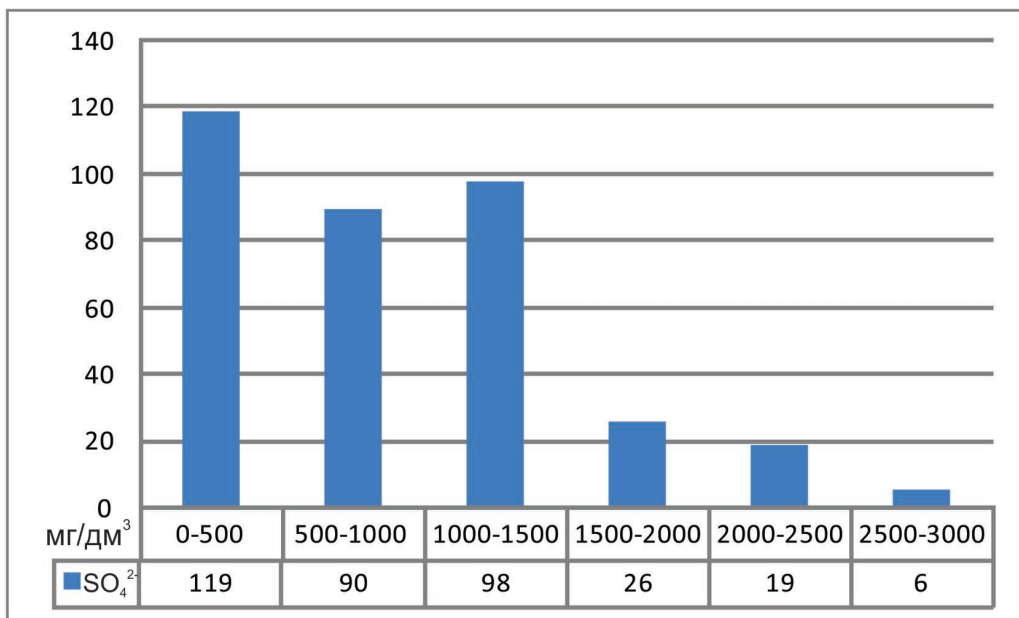


Рис. 4. Частота значень умісту SO_4^{2-} у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району

виокремлені на основі аналізу цих закономірностей окремих районів з урахуванням усіх головних чинників, насамперед фізи-

ко-географічних. Районування дасть можливість отримати знання про умови певних невивчених територій за аналогією

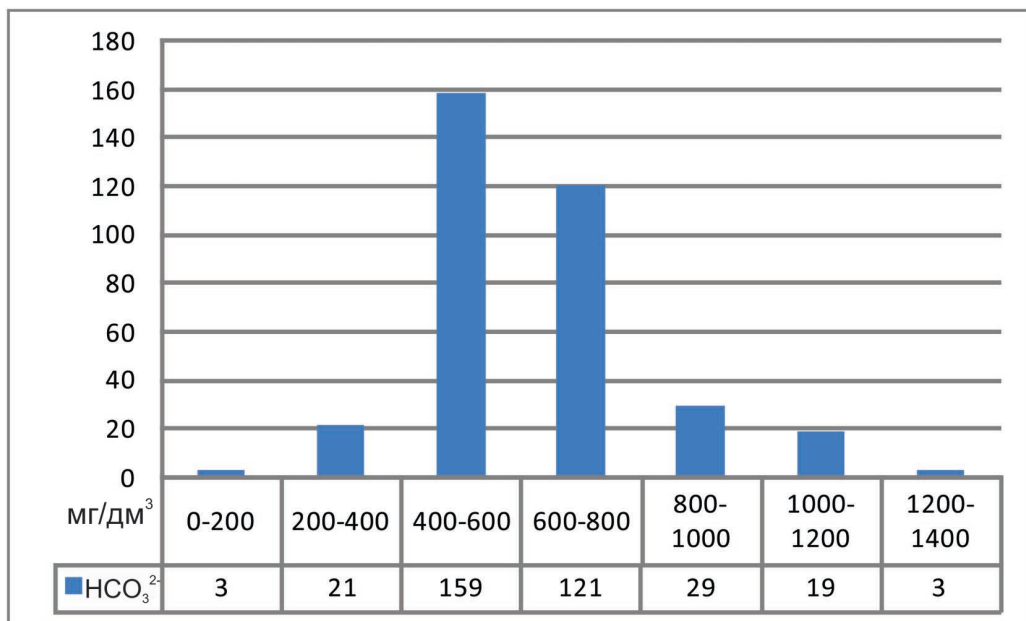


Рис. 5. Частота значень умісту HCO_3^{2-} у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району

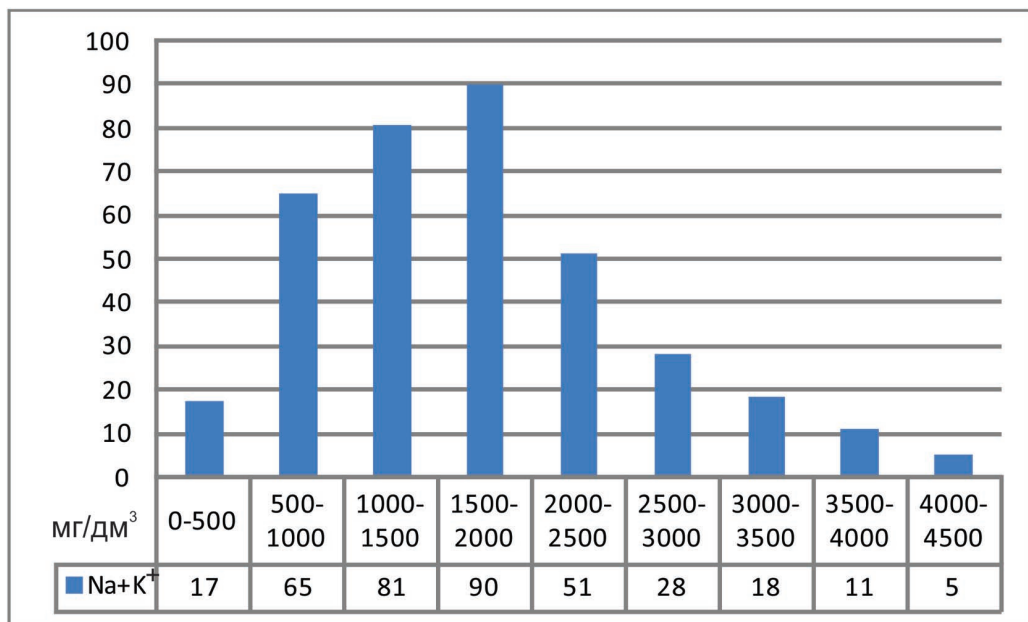


Рис. 6. Частота значень умісту Na+K⁺ у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району

до вивчених досліджуваних районів, які за комплексом елементів природного середовища подібні (однорідні), а також дасть

можливість досить обґрунтовано здійснити географічну інтерполяцію знайдених закономірностей.

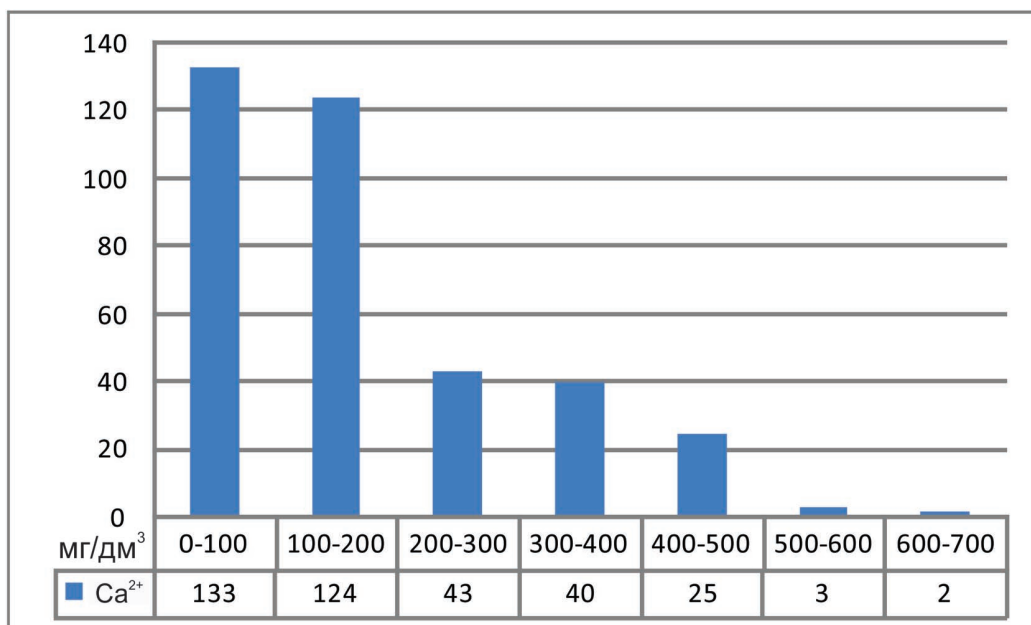


Рис. 7. Частота значень умісту Ca²⁺ у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району

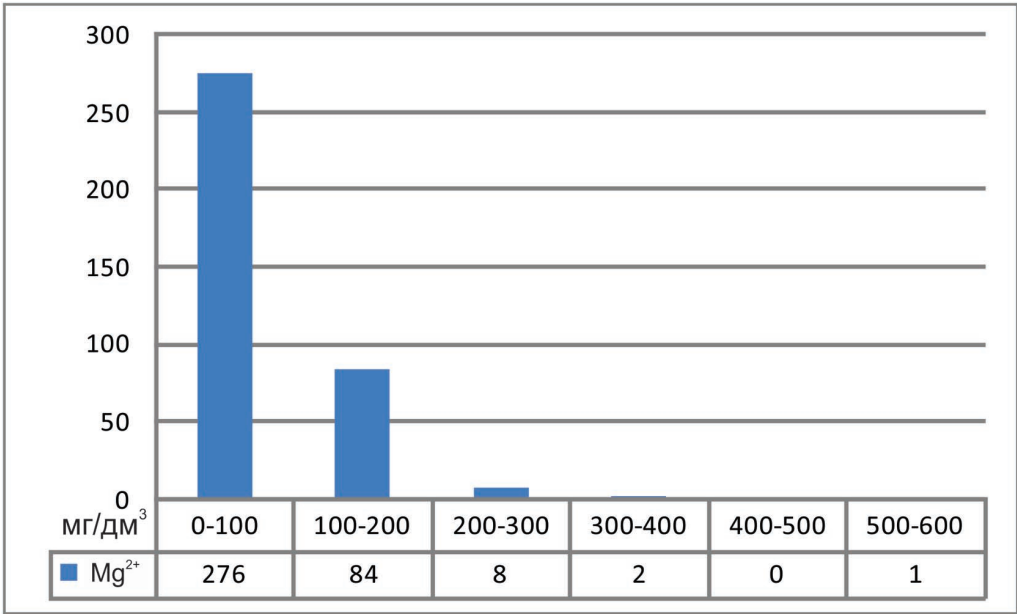


Рис. 8. Частота значень умісту Mg²⁺ у шахтних водах Червоноградського гірничопромислового району



Рис. 9. Чинники формування складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району

За даними про хімічний склад шахтних вод виокремлено площі з однаковими значеннями та умовами формування, а саме площі, в межах яких зберігається наявність одного й того самого провідного чинника (однорідні гідрохімічні поля). Результати районування наведено у вигляді картосхем. 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 їх найбільших і найменших концентрацій хоча й дуже подібні, але не ідентичні (рис. 10–16).

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

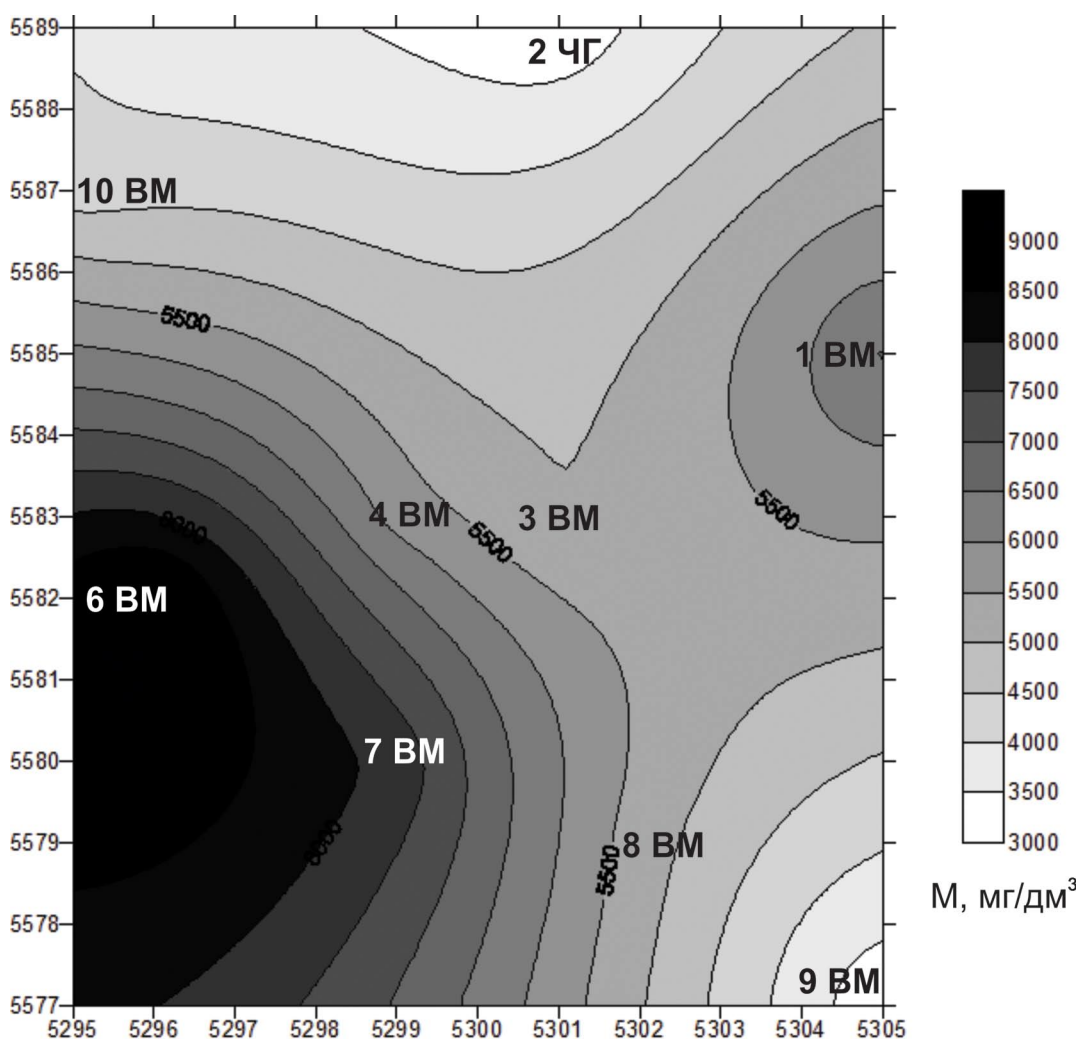


Рис. 10. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за показниками мінералізації в шахтних водах

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

Для шахтних вод досліджуваного району побудовані картосхеми зміни їх мінералізації, катіонів та аніонів. На цих картосхемах видно, що збільшення мінералізації, умісту Cl^- , $\text{Na}+\text{K}^+$, Mg^{2+} відбувається з північного сходу на південний захід. Зростання значень мінералізації спричинене збільшенням умісту іонів Cl^- і $\text{Na}+\text{K}^+$. Такий розподіл характеристик зумовлений формуванням складу шахтних вод внаслідок надходження вод з кам'яно-вугільного водоносного комплексу, склад

яких змінюється в такому самому напрямку: на північному сході тип вод переважно хлоридно-гідрокарбонатний натрієвий з мінералізацією до $2,5 \text{ г/дм}^3$, у центральній частині басейну мінералізація вод підвищується до $3-4 \text{ г/дм}^3$ зі збільшенням умісту натрію й хлоридів, а на південному заході концентрація солей досягає свого максимуму [1].

Найбільший уміст HCO_3^- характерний для північної частини Червоноградського гірничопромислового району, яка збіга-

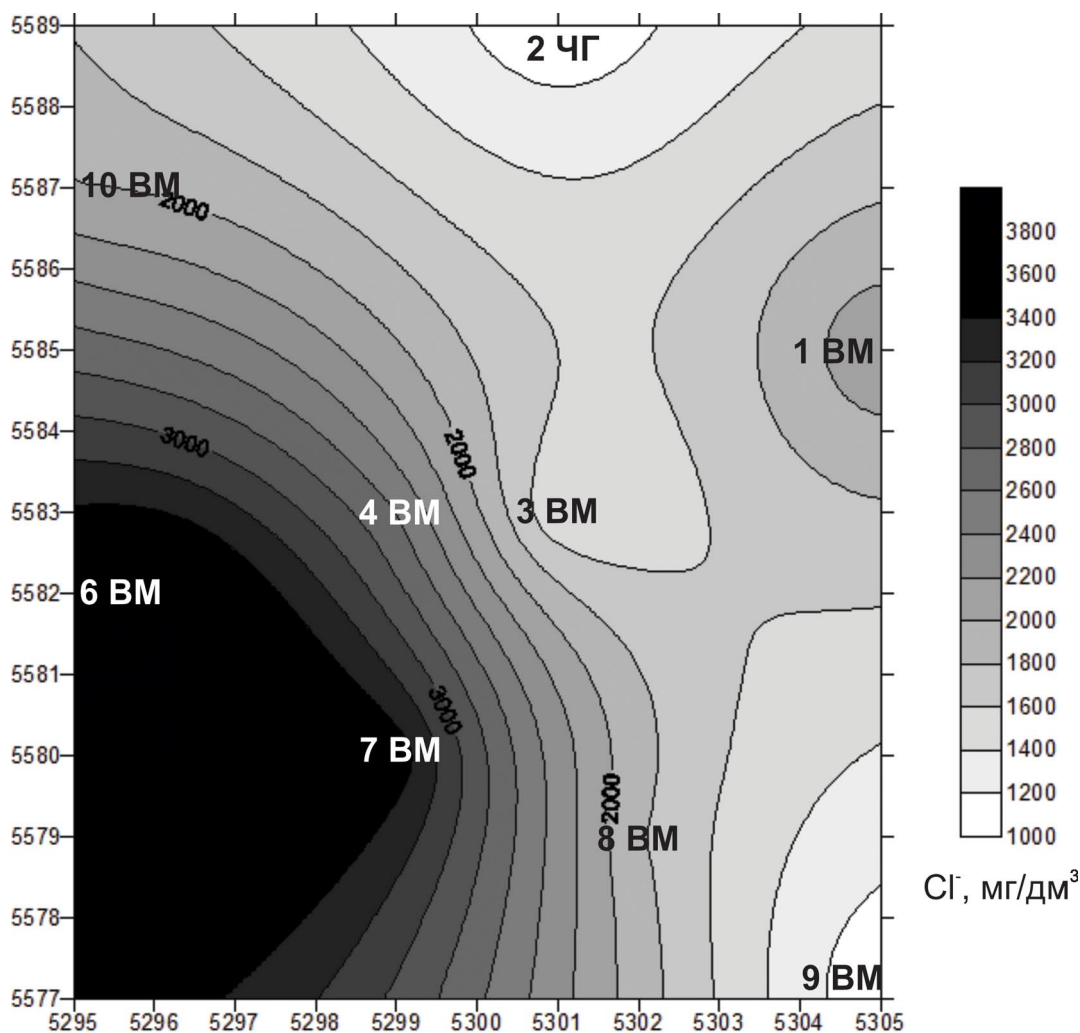


Рис. 11. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за вмістом Cl^- у шахтних водах

Умовні позначення див. рис. 9.

ється по площі з областю розвантаження сенонського водоносного горизонту. Склад цих вод здебільшого гідрокарбонатно-кальцієвий [1]. На південь, у сторону області живлення, уміст гідрокарбонатів істотно зменшується. Відповідно головною причиною такого хімічного складу є гідравлічний зв'язок глибинними розломами сенонського водоносного горизонту з підземними водами відкладів карбону. Джерелом живлення верхньокрейдового водоносного горизонту є інфільтрація атмосферних опадів.

Також існує зв'язок між умістом аніонів: у разі збільшення вмісту іонів хлору й сульфат-іонів, яке властиве південній частині досліджуваного району, зменшується кількість гідрокарбонатів (у південній частині району вона найменша).

Найбільший уміст іонів кальцію спостерігається в шахтних водах 6 ВМ, 7 ВМ, 1 ВМ, 4 ВМ. Це можна пояснити наявністю на цих територіях тектонічних розривних порушень, якими перетікають крейдові води в карбоніві, що змінює якісну й кількісну характеристики кам'яновугільних

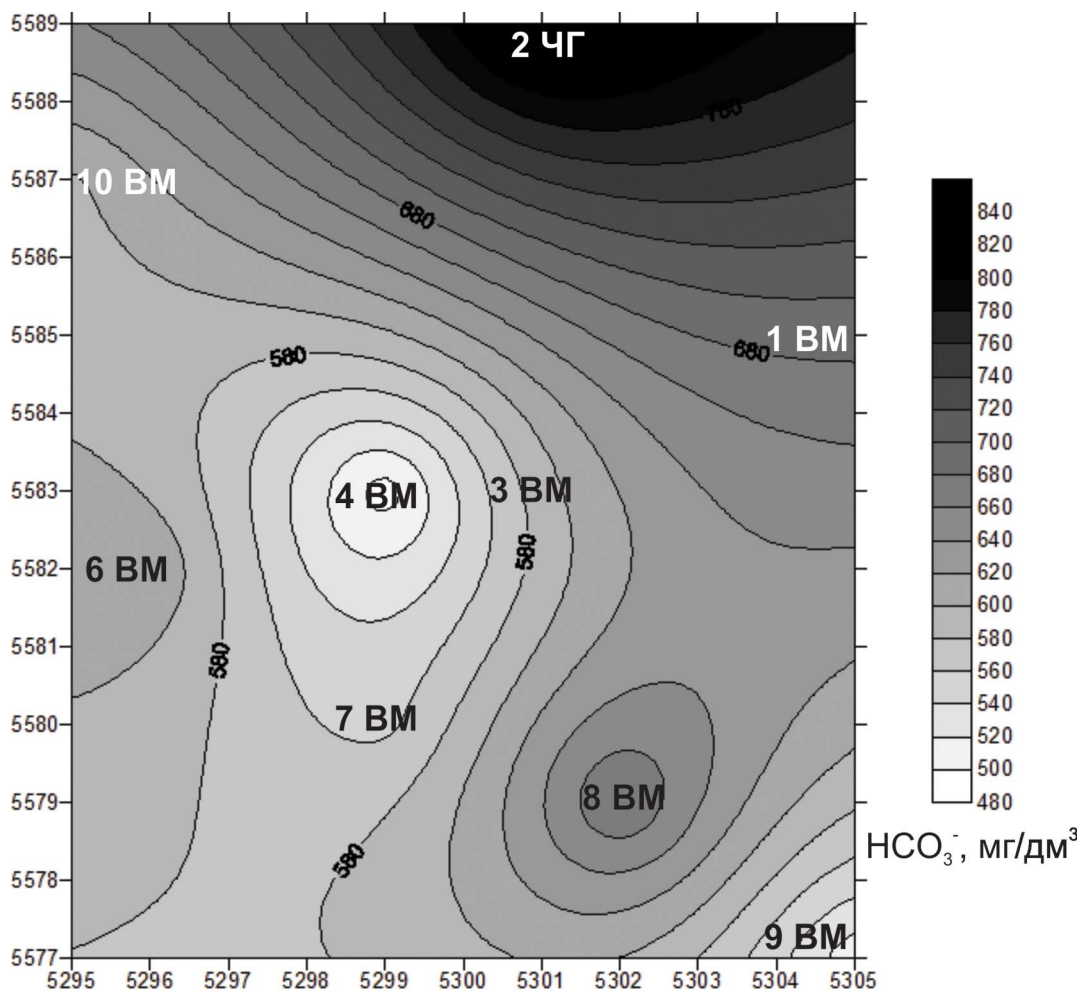


Рис. 12. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за вмістом HCO_3^- у шахтних водах

Умовні позначення див. рис. 9.

вод. Також варто звернути увагу на карту поширення вмісту іонів сульфату, яка є подібною до карти поширення іонів кальцію. Уміст сульфатів може бути спричинений антропогенним чинником, а саме збільшенням протяжності гірничих виробок і поверхні порід, що зазнають окиснення (збагачення шахтних вод продуктами руйнування гірських порід і вугілля, що містять сульфіди, які в умовах активного впливу шахтного середовища стають джерелом надходження сульфатів у шахтні

води). Або сульфати потрапляють унаслідок перетікання вод з кам'яновугільних відкладів (води сульфатно-хлоридно-натрієві та хлоридно-натрієві [1]), що залягають під пластами, які розробляються по зонах тектонічних порушень.

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

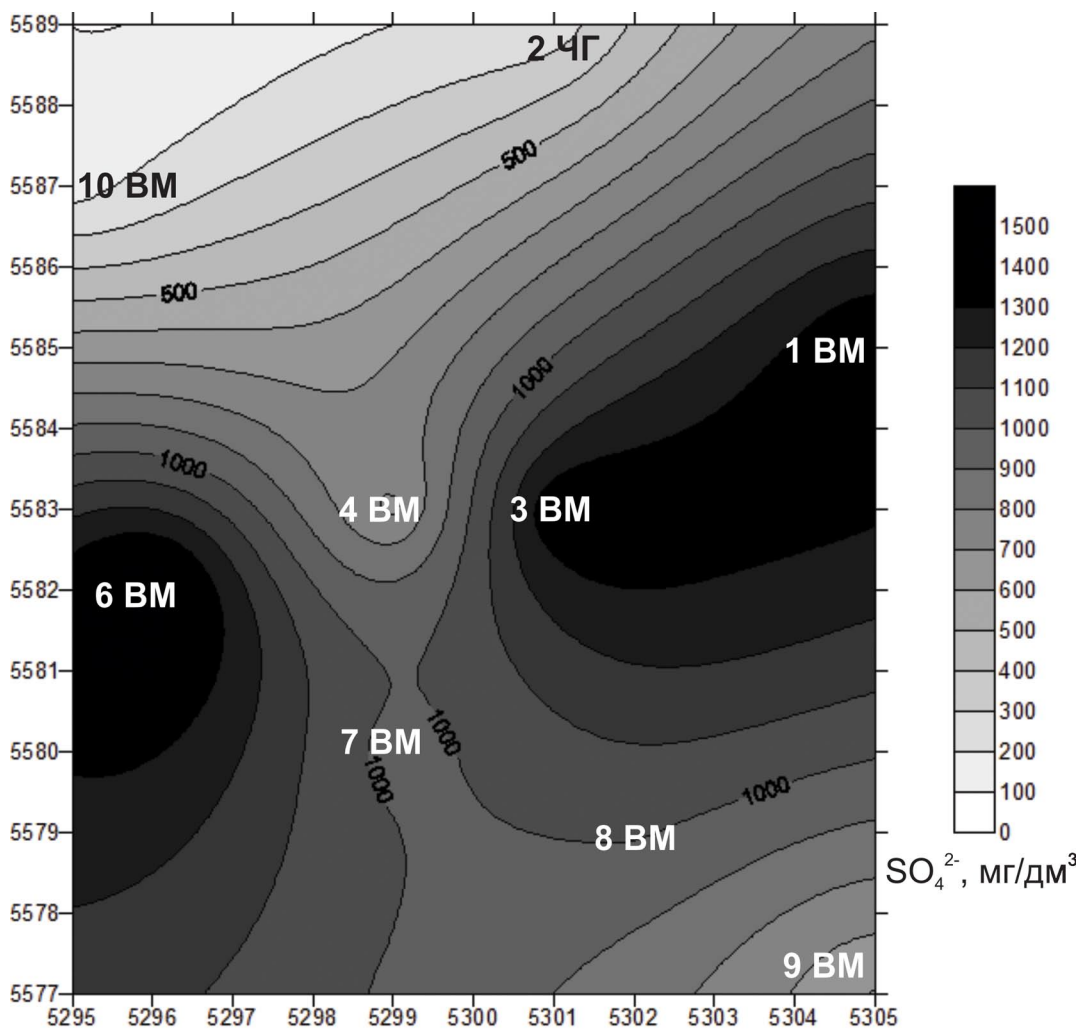


Рис. 13. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за вмістом SO_4^{2-} у шахтних водах
Умовні позначення див. рис. 9.

склад цих вод. Найважливішим серед них є кліматичний чинник, який зумовлює не тільки поповнення водоносних горизонтів атмосферними опадами, але й інтенсивність перетворення гірських порід.

Гідрогеохімічний аналіз дав змогу комплексно оцінити закономірності просторової зміни складу шахтних вод, їх вплив на екологічний стан досліджуваного району та виявити чинники формування складу цих вод. Гідрогеохімічне районування розкрило нові закономірності визначення складу шахтних вод, дало

змогу оцінити їх склад, що дає можливість передбачити негативний вплив цих вод на довкілля та вжити заходи щодо охорони довкілля, їх очищення та розумного використання.

Шахтні води з гірничих виробок через систему шахтного водовідливу збираються в ставках-накопичувачах, які відіграють роль відстійників, і під час повеней частково потрапляють у р. Західний Буг [4]. Найбільш серйозною та складною екологічною проблемою є значні обсяги скидання шахтних вод, що подаються з шахт на

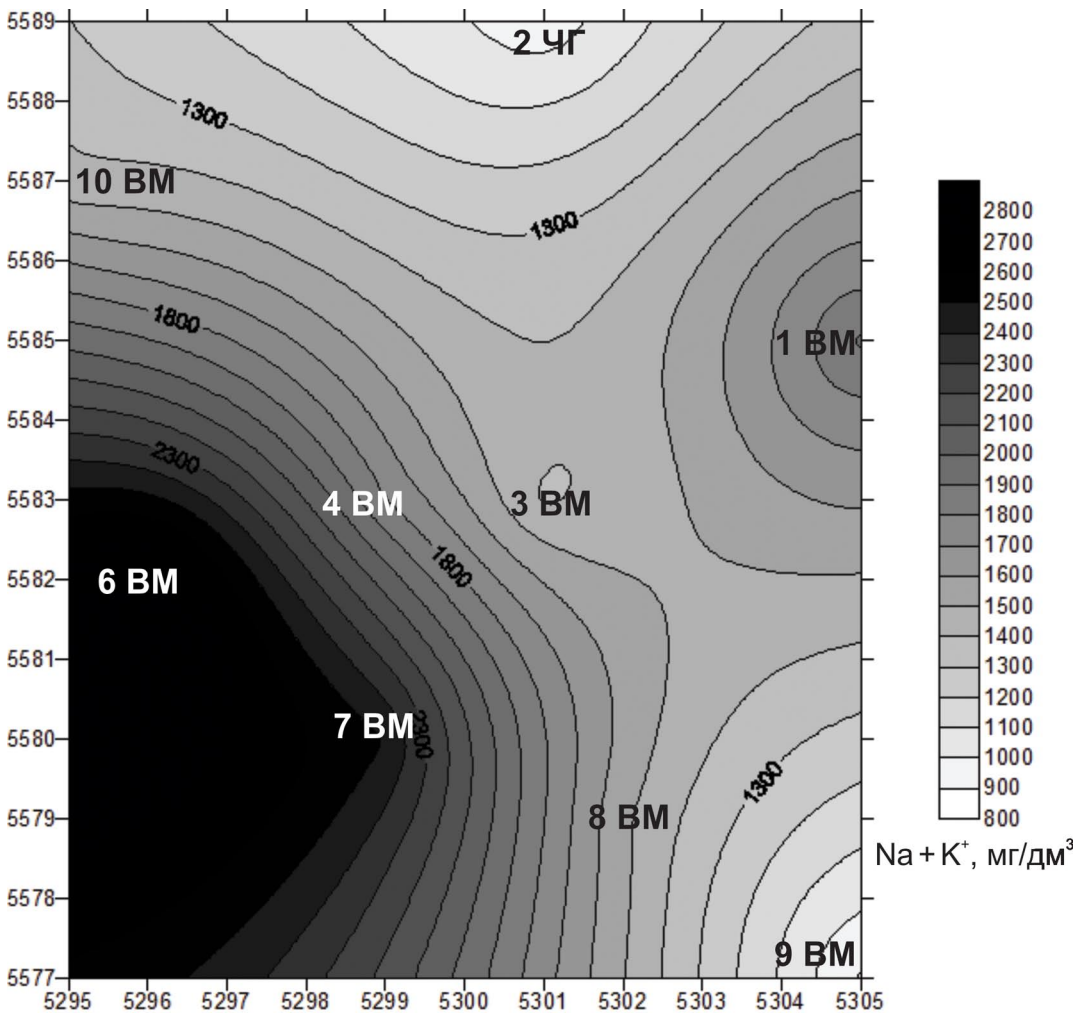


Рис. 14. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за вмістом $\text{Na}+\text{K}^+$ у шахтних водах

Умовні позначення див. рис. 9.

поверхню. Середньорічні загальношахтні припливи води в шахти ЧГПР становлять 30–138 м³/год. Вони негативно впливають на довкілля, насамперед на еколого-гідрохімічний стан поверхневих і підземних вод (рис. 17). Унаслідок шахтного водовідливу з'являються нові техногенні області розвантаження, змінюється напрямок руху підземних вод, збільшується градієнт підземного стоку, порушується загальний баланс підземного й поверхневого стоку [2]. Потрапляючи в річкову систему, шахтні води збільшують мінералізацію води рік,

порушують її кисневий режим, погіршують санітарний стан довкілля. Особливої уваги заслуговують питання, пов'язані з інфільтрацією вод шахтного водовідливу в ґрунти й водоносні горизонти.

Наведені результати досліджень свідчать, що наявність високих концентрацій деяких компонентів у шахтних водах – це потенційно небезпечний чинник впливу на геологічне середовище. Шахтні стічні води й домішки, що в них містяться, є різноманітними. Тому немає єдиного способу їх очищення, а вибір оптимального

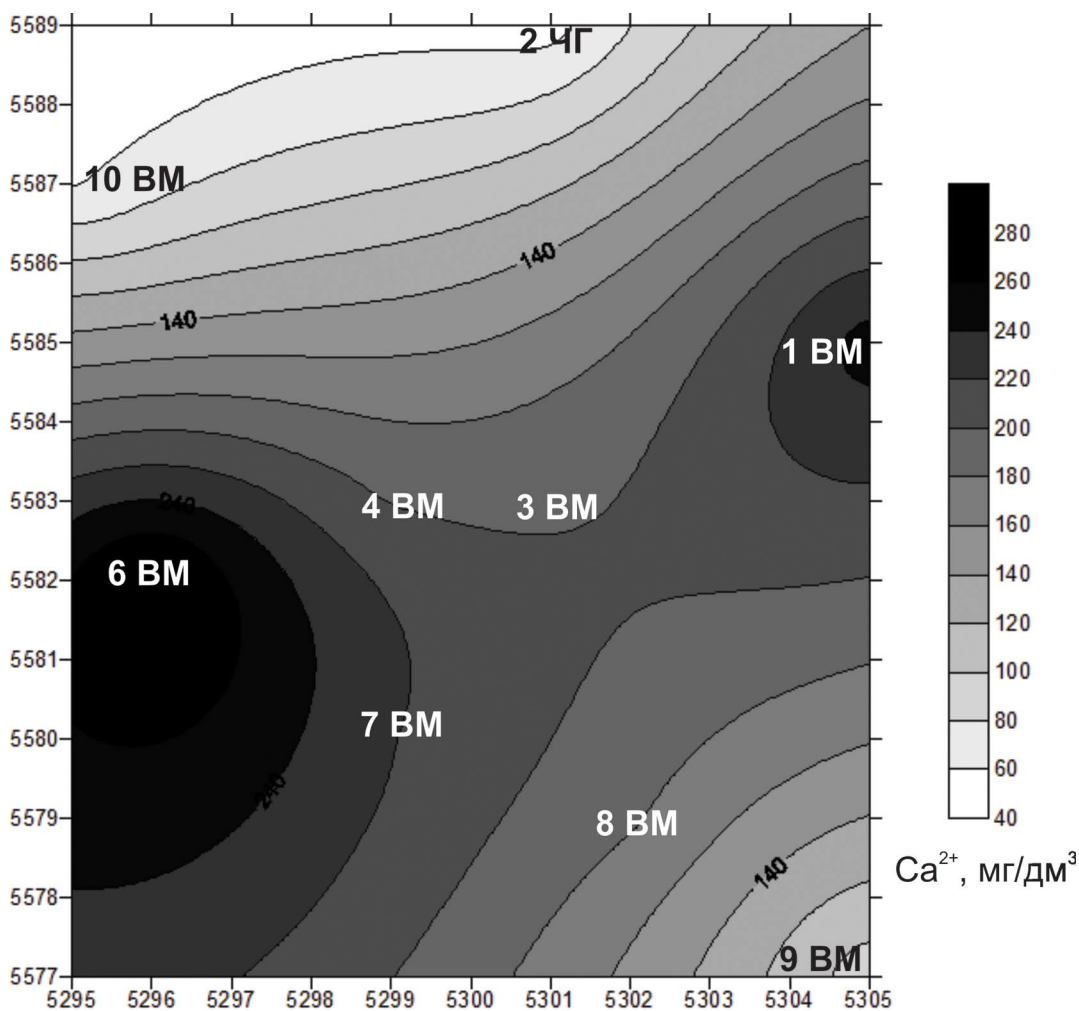


Рис. 15. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за вмістом Ca^{2+} у шахтних водах
Умовні позначення див. рис. 9.

методу є дуже ускладненим. Щоб знизити забруднення шахтних вод, необхідно: основні заходи спрямувати на зменшення ступеня забруднення цих вод на шляху їх проходження шахтою; очищувати воду в підземних умовах з ділянок видобування вугілля; поліпшити роботу підземних очисних споруд на шахтах, тобто передбачати відведення води закритими трубопроводами; доочищувати води в наземних умовах. Застосування цих рекомендацій може забезпечити стабільну екологічну ситуацію в регіоні.

Висновки. Визначені діапазони концентрацій головних іонів, які входять до складу шахтних вод, та проілюстровані графічні діаграми вмісту в них компонентів. Мінералізація варіює від 2000 до 8000 мг/дм³, уміст хлоридів змінюється в межах – 500–2500 мг/дм³, сульфатів – 500–1500 мг/дм³, гідрокарбонатів – 400 до 800 мг/дм³, натрію та калію – від 500 до 2500 мг/дм³, уміст кальцію не перевищує 200 мг/дм³, а магнію – 100 мг/дм³.

Розроблено картосхеми районування шахтних вод Червоноградського гірничо-

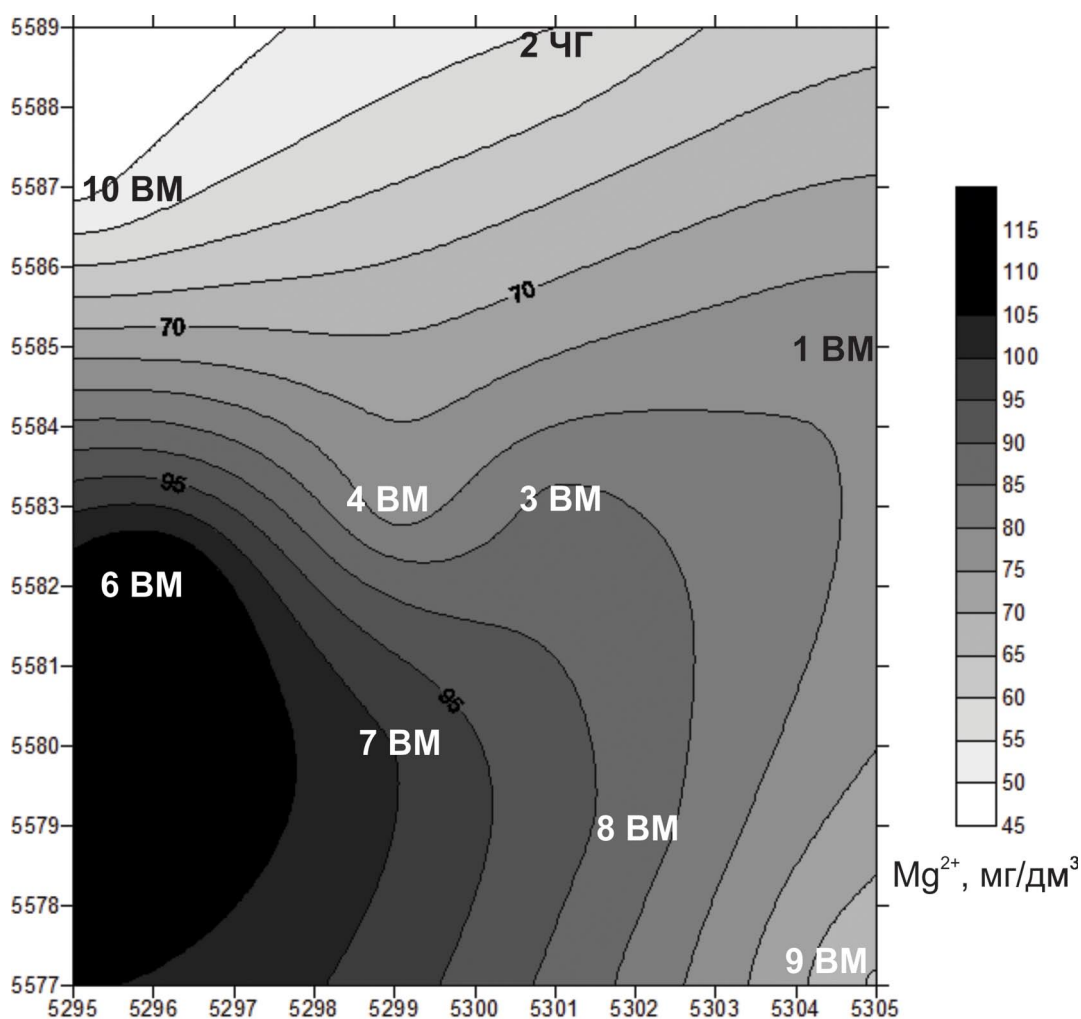


Рис. 16. Районування території Червоноградського гірничопромислового району за вмістом Mg^{2+} у шахтних водах

Умовні позначення див. рис. 9.

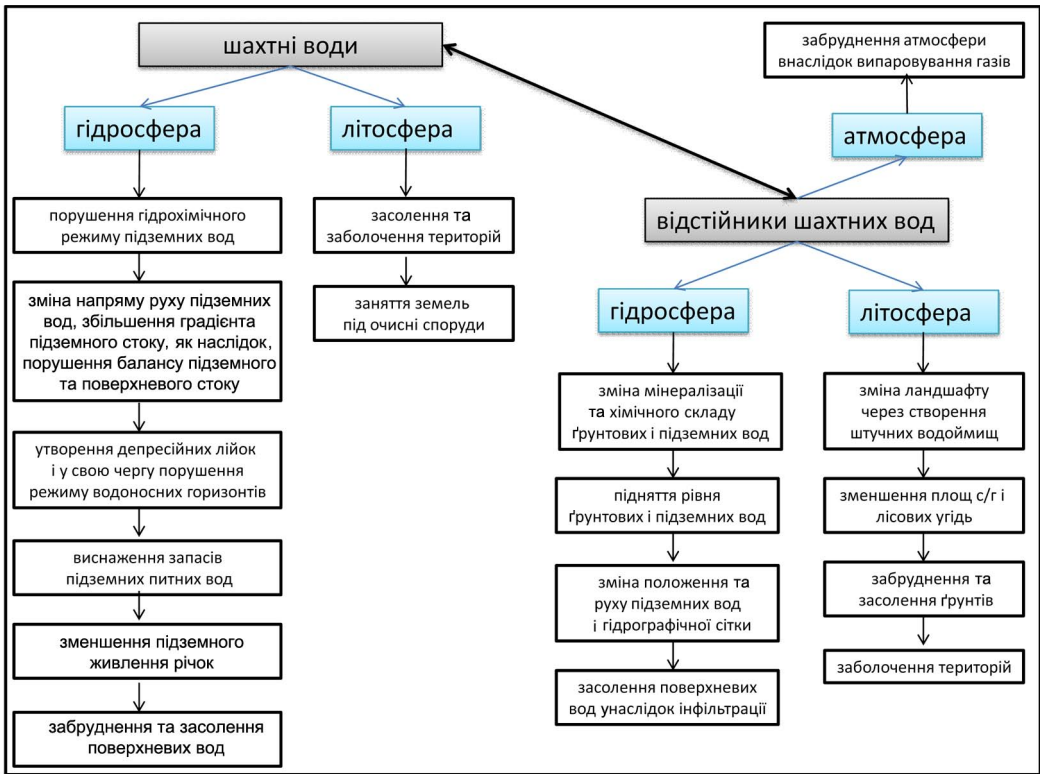


Рис. 17. Вплив шахтних вод на довкілля

промислового району за мінералізацією та вмістом їх основних макрокомпонентів. Інтерпретуючи дані картосхем, виділено чинники формування складу шахтних вод. Їх розподіл зумовлений геологічною будовою, гідрогеологічними умовами та тектонічними особливостями території, а також сукупністю основних природних чинників, які визначають закономірності формування, розподіл і склад цих вод. Найважливішим серед них є кліматичний чинник, який зумовлює не тільки поповнення водоносних горизонтів атмосферними опадами, але й інтенсивність перетворення гірських порід.

Оцінено вплив шахтних вод та їх відстійників на геосферу Землі та запропоновано рекомендації щодо зменшення їх негативного впливу на довкілля, що дасть можливість отримати технічну воду (це дасть змогу використати її повторно). Шахтні води перестануть забруднювати

довкілля й будуть корисними для подальшого виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бучацька Г. М. Гідрогеологічні умови та гідрогеохімічна зональність Львівсько-Волинського вугільного басейну//Вісник Львівського університету. Сер. геол. – 2009. – Вип. 23. – С. 175–183.
2. Дузь А. И., Пичугин Б. В., Дуденко И. И. Охрана среды и использование отходов угольного производства. – Донецк: Донбасс, 1990. – 110 с.
3. Посохов Е. В. Общая гидрогеохимия. – Л.: Недра, 1975. – 208 с.
4. Струев М. И., Исаков В. И., Шпакова В. Б. и др. Львовско-Вольнский бассейн: Геолого-промышленный очерк. – Київ: Наукова думка, 1984. – 273 с.

REFERENCES

1. Buchatska H. M. Hydrogeological conditions and hydrogeochemical zoning of Lviv-Volyn Coal Basin//Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriiia heolohichna. – 2009. – Iss. 23. – P. 175–183. (In Ukrainian).

2. Duz A. I., Pichugin B. V., Dudenko I. I. Environmental protection and the use of waste coal production. – Donetsk: Donbass, 1990. – 110 p. (In Russian).

3. Posohov E. V. General hydrogeochemistry. – Leningrad: Nedra, 1975. – 208 p. (In Russian).

4. Struev M. I., Isakov V. I., Shpakova V. B. et al. Lvov-Volyn basin: geological and industrial essay. – Kyiv: Naukova dumka, 1984. – 273 p. (In Russian).

Рукопис отримано 25.03.2015.

С. П. Войтович, Львовский национальный университет имени Ивана Франко, starostasvetik@mail.ru

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ЧЕРВОНОГРАДСКОГО ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

Проведен комплексный гидрогеохимический анализ шахтных вод Червоноградского горнопромышленного района. Установлены районы распространения определенных диапазонов концентраций главных ионов состава шахтных вод, а также выявлены их пространственные геохимические особенности. По результатам исследований разработаны картосхемы районирования шахтных вод Червоноградского горнопромышленного района по минерализации и содержанию основных макрокомпонентов. Районирование региона по этим водам позволило выделить факторы формирования их состава. Кроме геохимического типа, минерализации и других параметров шахтных вод, изучено геологические, структурные, физико-географические, техногенные и другие факторы формирования их состава. Охарактеризованы основные экологические проблемы исследуемого района и оценено влияние этих вод на окружающую среду, а также предложены рекомендации по уменьшению их негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: шахтная вода, компоненты вод, гидрогеохимическое районирование, Червоноградский горнопромышленный район.

S. P. Voitovych, Lviv National Ivan Franko University, starostasvetik@mail.ru

HYDROGEOCHEMICAL ZONING OF CHERVONOHRA D MINING AND INDUSTRIAL REGION

The complex hydrogeochemical analysis of mine water of the Chervonohrad mining area was conducted. Established were areas of distribution of a certain range of concentrations of major ions composition of mine waters and were found spatial geochemical characteristics of these waters. Mine waters Chervonohrad mining area have a wide range of mineralization and the most important ions in these waters is chlorine, and sodium carbonate, which determine the type of mineralization and hydrochemical composition of water in general.

By the result of research a diagrammatic map of zoning of mine waters of Chervonohrad mining area based on mineralization and content of the main components in mine waters was compiled. In addition to geochemical type, mineralization and other water parameters were studied geological, structural and geographical features of the study area. Zoning of the region based on composition of mine water has allowed us to identify factors of shaping composition of these waters. Established that mine water study area are influenced by climatic (replenishment of aquifers and surface water precipitation), geological (chemical and mineralogical composition of the host rocks), hydrogeological (chemical composition of opening groundwater and surface water), tectonic (availability flooded faults can hydraulically connect different groundwater hydrochemical zones) and anthropogenic factors.

Environmental problems of the study area were characterized and estimated impact of mine water on environment, were proposed recommendations for reduction of negative impact of mine water on environment. That will provide technical water (this will allow to use it again).

Keywords: mine water, treatment components, hydrogeochemical zoning, Chervonohrad mining and industrial region.