

base and earlier sediments of Paleoproterozoic cover. Tectonically active semiarid basin conditions of sedimentation are thought to be present.

Originality. The set of elementary lithochemical clusters characterizing granulometric and chemical spectrum of metasediments of Gleevatsky suite was determined. Lithochemical types of upper Paleoproterozoic of Kryvoy Rog iron ore basin were specified.

Practical value. Research contribute to improving lithochemical systematic of metasedimental rocks of Kri-

УДК 550.4

С.П. Войтович

voy Rog iron ore basin. The determined lithochemical features of the rocks can be an important criterion for the correlation of stratified Early Precambrian complexes of Ukraine and other shields.

Keywords: *paleoproterozoic, sedimentary lithogenesis, metasandstones, metasiltstones, metaconglomerates, Kryvoy Rog iron ore basin, lithochemical types of sediments*

Рекомендовано до публікації докт. геол. наук Л.М. Степанюком. Дата надходження рукопису 20.02.14.

Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна, e-mail: starostasvetik@mail.ru

ГЕОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПІДЗЕМНИХ І ШАХТНИХ ВОД ВУГІЛЬНИХ БАСЕЙНІВ УКРАЇНИ (НА ПРИКЛАДІ ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ ТА ЦЕНТРАЛЬНОГО ДОНБАСУ)

S.P. Voitovych

Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine, e-mail: starostasvetik@mail.ru

GEOCHEMICAL FEATURES OF GROUNDWATER AND MINE WATER IN COAL BASINS OF UKRAINE (EVIDENCE FROM CHERVONOHRA D MINING AREA AND CENTRAL DONBASS)

Мета. Узагальнити відомості щодо компонентного складу та властивостей шахтних вод Центрального Донбасу й Червоноградського гірничопромислового району, дати порівняльну характеристику складу та властивостям цих вод.

Методика. Аналіз та узагальнення власних і опублікованих даних вітчизняних учених в області вивчення шахтних вод.

Результати. Проведена кількісна та якісна порівняльна оцінка складу шахтних вод Центрального Донбасу й Червоноградського гірничопромислового району (ЧГПР). Більш детально були розглянуті нейтральні води обох досліджуваних районів. Шахтні води ЧГПР характеризуються величинами мінералізації від 3 до 10 г/дм³, Донбасу – від 1–2 до 30 г/дм³. Встановлено, що у ЧГПР домінують аніони хлору, а в Донбасі – іони хлору та сульфат іони. Серед катіонів у ЧГПР переважають іони натрію, а шахтні води Донбасу мають різний катіонний склад.

Наукова новизна. Встановлені райони розповсюдження певних діапазонів концентрацій головних іонів складу шахтних вод, а також виявлені просторові геохімічні особливості цих вод. Уперше отримана порівняльна характеристика компонентного складу шахтних вод Центрального Донбасу та Червоноградського гірничопромислового району.

Практична значимість. Практичне значення дослідження полягає в тому, що результати вивчення компонентного складу шахтних вод можна використовувати для вибору оптимального способу очищення цих вод і прогнозу змін стану довкілля під їх впливом. Вибір оптимальної технологічної схеми очищення шахтних вод – достатньо складне завдання, що обумовлене складом цих вод і різноманітням домішок, що знаходяться у воді. Відповідно, знання хімічного складу дає можливість здійснити вибір найбільш ефективного й низько затратного способу очищення. Отримані результати також можуть бути використані на вугільних підприємствах для прогнозу хімічного складу шахтних вод.

Ключові слова: *шахтні води, хімічний склад, Центральний Донбас, Червоноградський гірничопромисловий район*

Постановка проблеми. Шахтні води мають негативний вплив на навколишнє середовище. Унаслідок взаємодії в гірничих виробках з гірськими породами на шляху руху до водозбірників шахтні води досягають високої мінералізації, збагачуються продуктами руй-

нування гірських порід і вугілля [1]. У результаті цього накопичуються сульфати, збільшується вміст лужноземельних елементів. Також шахтні води, стікаючи по відпрацьованому простору, збагачуються розчинами мінерального й механічного походження та завислими речовинами, що надають їм нові властивості й склад, що, у свою чергу, змінює якісні показники навколишнього середовища.

Поклади кам'яного вугілля зосереджені в Донецькому та Львівсько-Волинському басейнах. Одним з основних забруднювачів навколишнього природного середовища в цих районах є вугільна промисловість.

Вугільна промисловість була й залишається важливою базовою галуззю економіки України. Видобування вугілля на території нашої країни почалося ще в XVIII ст. Тоді було відкрито Донецький вугільний басейн (1722 р.).

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). У кам'яновугільних відкладеннях Донбасу знаходиться 330 вугільних пластів, із них 130 мають робочу потужність більше 0,45 м. Найбільша потужність розроблюваних пластів 0,6–1,8 м. Пласти потужністю 2 м зустрічаються рідко. У межах Донбасу налічується близько 300 шахт і 20 збагачувальних фабрик. Донецький басейн у структурному відношенні є великим синклінорієм, у центрі якого утворилася молада антекліза з палеозойським ядром [2]. Центральний район Донбасу (ЦРД) є найстарішим промисловим районом. Вугільна промисловість у районі почала розвиватись приблизно ще в 1870 році. Цей район відрізняється складними гірничо-геологічними умовами. До 85% запасів зосереджені в тонких і дуже тонких крутих пластах. Роботи ведуть на глибинах від 800 до 1160 м. У межах Центрального Донбасу основним структурним елементом є Головна антикліналь. Шахти цього району відпрацьовують світи крутопадаючих пластів північного й південного крил Головної антиклінали Донбасу.

Львівсько-Волинський вугільний басейн – у Львівській і Волинській областях України, у західному напрямку продовжується на території Польщі. У Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні знаходиться 80 вугільних пластів максимальною потужністю 2 м, основна потужність 0,5–1,1 м. Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн у геоструктурному відношенні є пологою асиметричною западиною. Червоноградський гірничо-промисловий район (ЧГПР) займає центральну частину Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну та на північному сході межує з Нововолинським гірничо-промисловим районом. Він вважається основним у басейні, де експлуатація шахт розпочалася ще в 1957 році [3]. Гірничо-геологічні умови складні через малу й невитриману потужність пластів, нестійкість вміщуючих порід, високу метаносності вугілля й порід. 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. Червоноградський гірничо-промисловий район у структурному плані включає до себе Забузьку монокліналь, Межирічанську та Сокальську синклінальні складки.

Високі темпи господарського освоєння територій, у тому числі ЧГПР і Донбасу, супроводжуються тех-

ногенною трансформацією природного середовища. Головними екологічними проблемами даних вугільних районів є осідання території, підтоплення, зміна геохімічних полів та забруднення ґрунтів, утворення техногенних ландшафтів, забруднення гідросфери й атмосфери. Одним з основних джерел забруднення поверхневих і пов'язаних з ними підземних вод є шахтні води. У зв'язку з цим необхідно вивчати геохімічні особливості шахтних вод для того, щоб потім ці результати можна було використовувати для вибору оптимального способу очищення цих вод і прогнозу змін стану довкілля під їх впливом.

У даній статті дана порівняльна характеристика компонентного складу шахтних вод Центрального Донбасу та ЧГПР.

Аналіз останніх досліджень. Шахтні води Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну на даному етапі вивчені значно слабше порівняно з Донецьким басейном.

На сьогодні переважна більшість наукових і експериментальних робіт були та є спрямовані на вирішення питань з очищення шахтних вод різними методами, з'ясування їх генези, тоді як питання геохімії шахтних вод залишаються мало висвітленими. На даний момент питання геохімії шахтних вод Донбасу висвітлені в наукових публікаціях таких учених, як О.А. Улицький, В.Г. Суярко, Ю.А. Проскурня, О.А. Шевченко, Е.А. Тарасова, Н.Г. Матвеева та ін. [1, 2, 4, 5].

Аналіз виконаних робіт із шахтної гідрогеології для ЧГПР показує, що в даний час особливості боротьби з підземними шахтними водами розглядаються в широкій науковій літературі, але повної та детальної картини щодо компонентного складу шахтних вод цього району досі немає. У даній статті зроблена спроба заповнити цю прогалину безпосередньо для Червоноградського гірничо-промислового району, виконаний порівняльний аналіз шахтних вод для двох вугільних басейнів на основі доступних даних.

Виклад основного матеріалу. Проблема шахтних вод завжди є актуальною. Шахтна вода, маючи різні показники хімічного складу та агресивних властивостей, негативно впливає на техніку, що 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, що поступають до шахти, характеризуються спокійним витіканням у вигляді струмків або раптовими проривами [3].

Ці води надходять у відпрацьований простір, проходять через водовідливи шахт і формують шахтні води. Шахтні води – підземні води, що проникають у гірничі виробки у процесі розкриття й експлуатації родовищ. За даними Є. Посохова, шахтні води вугільних родовищ – підземні води, що проникли в гірничі виробки і потім пройшли через водовідливне господарство. Шахтні води становлять головну частину (74–76%) стічних вод вугільної промисловості.

Формування хімічного складу шахтних вод відбувається під дією двох груп факторів – природних та ан-

тропогенних, але, на думку О.А.Улицького, роль природних геологічних факторів є вирішальною в переважній більшості випадків [4].

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 гідравлічно пов'язувати підземні води різних гідрохімічних зон.

Під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів підземні води змінюють свій початковий склад, що позначається на концентрації сульфат-іонів і водню. Крім ме-

таморфізації в гірничих виробках відбувається змішування вод поверхневих водоносних шарів з водами нижніх горизонтів, що призводить до збагачення шахтних вод хлоридами натрію. Чим глибше розташована виробка, тим сильніше позначається присутність хлоридних вод. У результаті цих процесів збільшується вміст у водах іонів SO_4^{2-} і Cl^- , відповідно, падає кількість гідрокарбонатів, а, у цілому, якісний склад природних вод погіршується [6].

Відповідно до вищесказаного, спочатку розглянемо основні водоносні комплекси Центрального Донбасу [5] і Червоноградського гірничопромислового району, оскільки ці води є вихідними при формуванні шахтних вод (табл. 1).

Таблиця 1

Геохімічна характеристика основних водоносних комплексів ЧГПР і ЦРД

| Водоносні комплекси (індекси) | ЧГПР | | ЦРД* | |
|-------------------------------|---|--------------------------------------|--|---|
| | Переважні геохімічні типи підземних вод | Мінералізація (М), г/дм ³ | Переважні геохімічні типи підземних вод | Мінералізація (М), г/дм ³ |
| Q | HCO ₃ -Ca | 0,2-1,0 | HCO ₃ -Ca HCO ₃ -SO ₄ -Ca | 0,5-1,5 1,0-2,0 |
| N - P | | | HCO ₃ -SO ₄ -(Ca,Mg,Na) SO ₄ -HCO ₃ -(Ca,Mg,Na) | 0,5-2,5 1,0-5,0 |
| K ₂ | HCO ₃ -Ca HCO ₃ -Ca-Mg HCO ₃ -Na | 0,25-0,5 0,45-0,9 | HCO ₃ -Ca HCO ₃ -SO ₄ -Ca | 0,5-2,5 |
| K _{2cm} | | | HCO ₃ -SO ₄ -Ca SO ₄ -HCO ₃ -(Cl)-Na | 1,0-3,0 1,5-6,0 |
| K ₁ | | | | |
| J | Cl-HCO ₃ -Na Cl-Na | 0,92-4,0 | | |
| T | | | HCO ₃ -SO ₄ -Ca SO ₄ -HCO ₃ -(Cl)-Na Cl-HCO ₃ -Na Cl-Na | 1,0-2,0 1,5-5,0 До 10,0-16,0 |
| qP ₁ | | | SO ₄ -Ca SO ₄ -Cl-Na-Ca Cl-Na | 0,4-7,8 10,0-40,0 |
| P ₁ | | | HCO ₃ -Ca HCO ₃ -SO ₄ -Ca SO ₄ -(Ca,Na,Mg) SO ₄ -Cl-Na HCO ₃ -(Cl)-Na Cl-Na | 0,5-1 1,0-2,5 2,5-6,0 3,0-8,0 0,5-1,5 10,0-320,0 |
| C ₁ ² | Cl-HCO ₃ -Na Cl-Na | 3,0-4,0 дуже високі М | | |
| C ₁ ¹ | | | Від HCO ₃ -Ca до Cl-Na | 0,5-10,0 |
| D ₂₋₃ | | | SO ₄ -Cl-Na | 4,0-340,0 |

* – за даними В.Г. Суярка, [5]

Характеристика підземних вод Центрального Донбасу та Червоноградського гірничопромислового району. Сучасні уявлення щодо підземних вод території Львівсько-Волинського басейну ґрунтуються на обширних матеріалах спеціальних гідрогеологічних досліджень. Тут виділяються у вертикальному розрізі басейну два гідрогеологічних комплекси, кожен з яких включає декілька водоносних і водотривких горизонтів. Товща верхньокрейдових і четвертинних порід, що перекриває кам'яновугільні відклади, утворює верхній гідрогеологічний комплекс. Нижній, або кам'яновугільний гідрогеологічний комплекс утворюють відклади юрської та кам'яновугільної систем [3, 7].

Що стосується Донбасу, то, за даними В.Г.Суярка, складна геологічна будова й літолого-фаціальна мінливість водовміщуючих порід зумовили утворення в До-

нецькому вугільному басейні більше 500 водоносних горизонтів, що сформувалися в породах кайнозойського, мезозойського й палеозойського віку. У них виділяються такі комплекси: четвертинний, неоген-палеогеновий, верхньокрейдовий, теригенної крейди та юри, триасовий, нижньопермської галогенної формації, теригенних відкладів нижньої пермі й теригенного карбону, карбонатної товщі нижнього карбону та девонський [2].

Підземні води кайнозойських відкладів у ЦРД представлені четвертинним і неоген-палеогеновим комплексом, у ЧГПР – лише четвертинні води. У ЦРД переважають гідрокарбонатно-кальцієві (магнієві) та гідрокарбонатно-сульфатні води різного катіонного складу з мінералізацією до 1–2 г/дм³. Переважаючий склад вод четвертинного водоносного горизонту у ЧГПР гідрокарбонатно-кальцієвий, а де розвинена за-

болоченість і торф'яники – гідрокарбонатно-хлоридно-кальцієвий. Мінералізація вод змінюється від 0,25 до 0,5, рідко досягає граничних значень 0,6–0,75 г/л. Формування підземних вод кайнозойських відкладів в обох басейнах відбувається, в основному, за рахунок атмосферних опадів, поверхневого стоку й талих вод. Підземні води комплексу, в основному, залягають на глибинах 10–20 м.

У ЧГПР взаємозв'язок четвертинних вод з водами нижче лежачого сантонського горизонту є утруднений.

Водоносні горизонти мезозойського віку в Центральному Донбасі представлені такими комплексами: мергельно-крейдова товща верхньої крейди, піщаних верхньокрейдних-нижньокрейдних-юрських відкладів і тріасовий [2]; у ЧГПР це лише товща верхньокрейдних порід, а точніше сантонський водоносний горизонт. Води мезозойських комплексів ЦДР гідрокарбонатно-сульфатні або сульфатно-гідрокарбонатні (кальцієві, магнієві, натрієві) з мінералізацією від 0,5 до 3–5 г/дм³. На глибинах 600–800 м підземні води мезозою набувають сульфатно-хлоридного (натрієвого, кальцієвого, магнієвого) та хлоридно-гідрокарбонатного натрієвого та навіть хлоридно-натрієвого складу (глибокі горизонти тріасу й частково юри). При цьому їх мінералізація збільшується до 10–35 г/дм³ [5]. Проте сантонські води ЧГПР слабо мінералізовані – 0,25–0,50 г/л. Переважний склад вод гідрокарбонатно-кальцієвий, а в долинах річок у вигляді вузької смуги простежується гідрокарбонатно-кальцієво-магнієвий. Сантонські води, в основному, залягають на глибинах 40–70 м. Живлення мезозойського водоносного комплексу обох басейнів відбувається за рахунок атмосферних опадів і перетоку вод із вищезалягаючих водоносних комплексів, розвантаження яких відбувається за тектонічними порушеннями [2,5,7,8].

Відклади юрської системи на території ЧГПР збереглися від розмиву лише у знижених частинах поверхні карбону, завдяки чому води їх гідравлічно пов'язані з водами кам'яновугільних відкладів, мають з ними загальні умови формування та єдину гідрохімічну зональність.

Підземні води палеозойських відкладів у Центральному Донбасі представлені двома водоносними горизонтами – кам'яновугільним і нижньопермськими, у ЧГПР – кам'яновугільним водоносним горизонтом. Підземні води ЦРД за складом дуже різні. Хімічний склад цих вод змінюється від гідрокарбонатних кальцієвих (магнієвих) з мінералізацією до 0,5–1 г/дм³ до хлоридно-натрієвих з мінералізацією до 300–320 г/дм³. Води кам'яновугільного водоносного горизонту у ЧГПР є гідрокарбонатно-хлоридно-натрієві або хлоридно-натрієві. Мінералізація кам'яновугільних вод різко відрізняється від верхньокрейдних. Відмінність ця збільшується в південному напрямку. Підземні води девонських комплексів Центрального Донбасу вивчені дуже мало. За хімічним складом вони є хлоридними натрієвими з мінералізацією до 300–340 г/дм³ [5]. На формування ресурсів і складу підземних вод Центрального Донбасу великий вплив здійснюють розривні порушення, з якими пов'язаний перетік вод з

одних горизонтів до інших. У ЧГПР виділяються гідрохімічні аномалії, лінійний характер яких зумовлений існуванням низхідних і висхідних перетікань вод по зонах тріщин тектонічних порушень [2,3,7].

Таким чином, хімічний склад підземних вод двох вугільних районів є подібним. Необхідно врахувати лише те, що водоносні комплекси мають різні глибини залягання. Центральний Донбас характеризується більшими глибинами залягання водоносних горизонтів. Кайнозойські водоносні комплекси мають однаковий тип вод – гідрокарбонатно-кальцієвий, що пов'язано з однаковим джерелом їх формування – з інфільтраційними водами. Підземні води мезозойських відкладів ЦРД характеризуються присутністю в них сульфат іонів. Формування сульфатних вод відбувається при окисненні піриту та інших сульфідних мінералів. Що стосується катіонного складу, то у водах ЧГПР домінують іони натрію; для вод Центрального Донбасу характерний різний катіонний склад. Води палеозойських водоносних комплексів, в основному, уже хлоридно-натрієві. У водах ЧГПР у катіонному складі далі стабільними залишаються іони натрію, у водах ЦРД присутні іони натрію та іони кальцію.

Гідрогеохімічна характеристика шахтних вод досліджуваних районів. За складом і властивостями шахтні води відрізняються від підземних вод. Формування шахтних вод починається ще під час проведення підготовчих виробок. Особливо помітна в цьому процесі роль очисних робіт, за яких утворюються тріщини обрушення, що поширюються на сусідні водоносні горизонти та навіть гідрогеологічні комплекси. Води, що циркулюють по них змішуються з водами, які містяться у вугільних пластах, що розробляються, і бокових породах, піддаються впливу повітряного окислювального середовища та в такому метаморфізованому вигляді поступають до гірничих виробок.

Більш істотному впливу піддаються шахтні води в гірничих виробках в умовах активного впливу шахтного середовища. Накопичення вод у підшві штреків і у відпрацьованому просторі лав, рух їх до центральних водозбірників зі збагаченням на шляху продуктами руйнування гірських порід і вугілля, що містять сульфідні, надають їм нових властивостей і складу. У результаті цього накопичуються сульфати, збільшується вміст лужноземельних елементів. Також шахтні води, стікаючи по відпрацьованому простору, збагачуються розчинами мінерального й механічного походження та завислими речовинами. Це піщані й глинисті частинки, мінеральні вкраплення вугілля (кварц, пірит, карбонати), інертний порошок, розчинені у воді солі та кислоти, частинки вугілля (флорит, вітриніт), мінеральні олії, нафтопродукти тощо. Наявність зазначених речовин у воді спричиняє її каламутність, зумовлює забарвлення, запах, присмак, мінералізацію, кислотність і твердість [8].

Завислі речовини утворюються та надходять до води внаслідок руйнування гірського масиву, під час вантаження вугілля на транспортні засоби, дренажу вод через вироблений простір. В умовах гірничого

виробництва виникають вторинні джерела надходження речовин у шахтні води: під час транспортування вугілля (вантажні пункти, пересипи, стовбури), руху транспорту та людей у підтоплених місцях виробок, унаслідок здування вентиляційними повітряними потоками технологічного інертного порошу.

Нижче подано детальний аналіз хімічного складу шахтних вод Червоноградського гірничопромислового району та Центрального Донбасу [4].

Шахтні води мають вельми різноманітний хімічний склад. Вміст мінеральних домішок становить від 0,5 до 50 г/дм³. Автори роботи [8] пропонують класифікувати шахтні води за ступенем мінералізації 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 – солонка 10–25 г/дм³; 6 – сильно солонка 25–50 г/дм³; 7 – розсоли більше 50 г/дм³. Це необхідно для вирішення питання використання шахтних вод у народному господарстві, можливості скидання їх у річки, вибору способу очистки. У ЦРД і ЧГПР зустрічаються води від слабосолонуватих до солоних [8].

Шахтні води характеризуються різними значеннями кислотно-лужного потенціалу (рН). За величиною рН шахтні води розділяють на 3 класи: кислі – менше 6,5; нейтральні – 6,5–8,5; лужні – більше 8,5 [8]. У Центральному Донбасі зустрічаються шахтні води від кислих до лужних (табл. 3) [4], у ЧГПР усі шахтні води є нейтральними (табл. 2–3). Розглянемо їх детальніше.

Шахтні води ЧГПР з нейтральною реакцією рН характеризуються зміною мінералізації 3–10 г/дм³, а мінералізація шахтних вод Центрального Донбасу є невисокою та змінюється від 0,5 до 3,5 г/дм³ [4]. Глибини залягання цих вод до 500 м, на Центральному Донбасі іноді до 800–1000 м. Шахтні води ЦРД є сульфатно-гідрокарбонатні та гідрокарбонатно-сульфатні з різним катіонним складом [4]. Шахтні води

ЧГПР є сульфатно-хлоридними кальцієво-магнієво-натрієвими (рисунок). Отже, головним аніоном у цих водах Центрального Донбасу є сульфат іон, у ЧГПР – іони хлору, серед катіонів у двох басейнах домінуючими є іони натрію.

Як зазначалося вище, на території ЧГПР не зустрічаються кислі й лужні шахтні води, але вони є присутні на Донбасі (табл. 3). За даними О.А.Улицького: „Кислі шахтні води мають невелике розповсюдження, формування їх не залежить від глибин, проте всі вони мають, переважно, сульфатний натрієвий склад, мінералізація їх може змінюватись від 1–2 до більше 10 г/дм³. Лужні води, здебільшого, як правило, характерні для глибоких горизонтів“ [4].

Шахтні води окрім підвищеної мінералізації також відрізняються вмістом у них різноманітних мікроелементів. Як правило, вони містять залізо, алюміній, марганець, нікель, кобальт, мідь, цинк, стронцій. У цілому вміст мікроелементів на 1–2 порядки вище, ніж у підземних водах, за рахунок яких вони формуються. Високий вміст останніх у шахтних і підземних водах робить можливим використання їх як гідромінеральної сировини [9]. У шахтних водах Донбасу присутні різноманітні мікроелементи, найхарактернішими з яких є алюміній, рубідій, барій, нікель, а також встановлений підвищений вміст бром, бору, стронцію, літію, цезію, германію та ін. мікроелементів. Підземні води Львівсько-Волинського басейну значно бідніші мікроелементами. У цих водах немає цинку, цирконію, олова, германію, берилію, у незначних кількостях виявлені молібден, свинець, ванадій, бром, нікель, у той час як у золі вугілля вказані елементи присутні постійно. Детальної картини про вміст мікроелементів у шахтних водах Львівсько-Волинського басейну досі немає. Спроба заповнити цю прогалину буде завданням наших майбутніх досліджень.

Таблиця 2

Хімічний склад шахтних вод ЧГПР

| Назва шахти | Глибина відбору проб, м | Формула Курлова |
|------------------------------|-------------------------|--|
| Шх. „Великомостівська“ (1ВМ) | -495 | $M_{6,5} \frac{Cl60SO_4 29HCO_3 11}{Na + K82Ca12Mg6} pH_{7,9}$ |
| Шх. „Червоноградська“ (2 ЧГ) | -500 | $M_3 \frac{Cl61HCO_3 29SO_4 10}{Na + K85Mg10Ca5} pH_8$ |
| Шх. „Межирічанська“ (3 ВМ) | -510 | $M_5 \frac{Cl51SO_4 37HCO_3 12}{Na + K78Ca13Mg9} pH_{7,6}$ |
| Шх. „Відродження“ (4 ВМ) | -550 | $M_{5,8} \frac{Cl77SO_4 15HCO_3 8}{Na + K83Ca10Mg7} pH_{7,6}$ |
| Шх. „Лісова“ (6 ВМ) | -550 | $M_{9,2} \frac{Cl72SO_4 21HCO_3 7}{Na + K84Ca10Mg6} pH_{7,7}$ |
| Шх. „Зарічна“ (7 ВМ) | -516 | $M_{7,8} \frac{Cl77SO_4 16HCO_3 7}{Na + K85Ca9Mg6} pH_{7,9}$ |
| Шх. „Візейська“ (8 ВМ) | -435 | $M_{5,3} \frac{Cl62SO_4 25HCO_3 13}{Na + K80Ca11Mg9} pH_{7,6}$ |
| Шх. „Надія“ (9 ВМ) | -410 | $M_{3,1} \frac{Cl58SO_4 25HCO_3 17}{Na + K80Mg11Ca9} pH_{7,3}$ |
| Шх. „Степова“ (10 ВМ) | -550 | $M_{4,3} \frac{Cl81HCO_3 14SO_4 5}{Na + K90Mg6Ca4} pH_{7,9}$ |

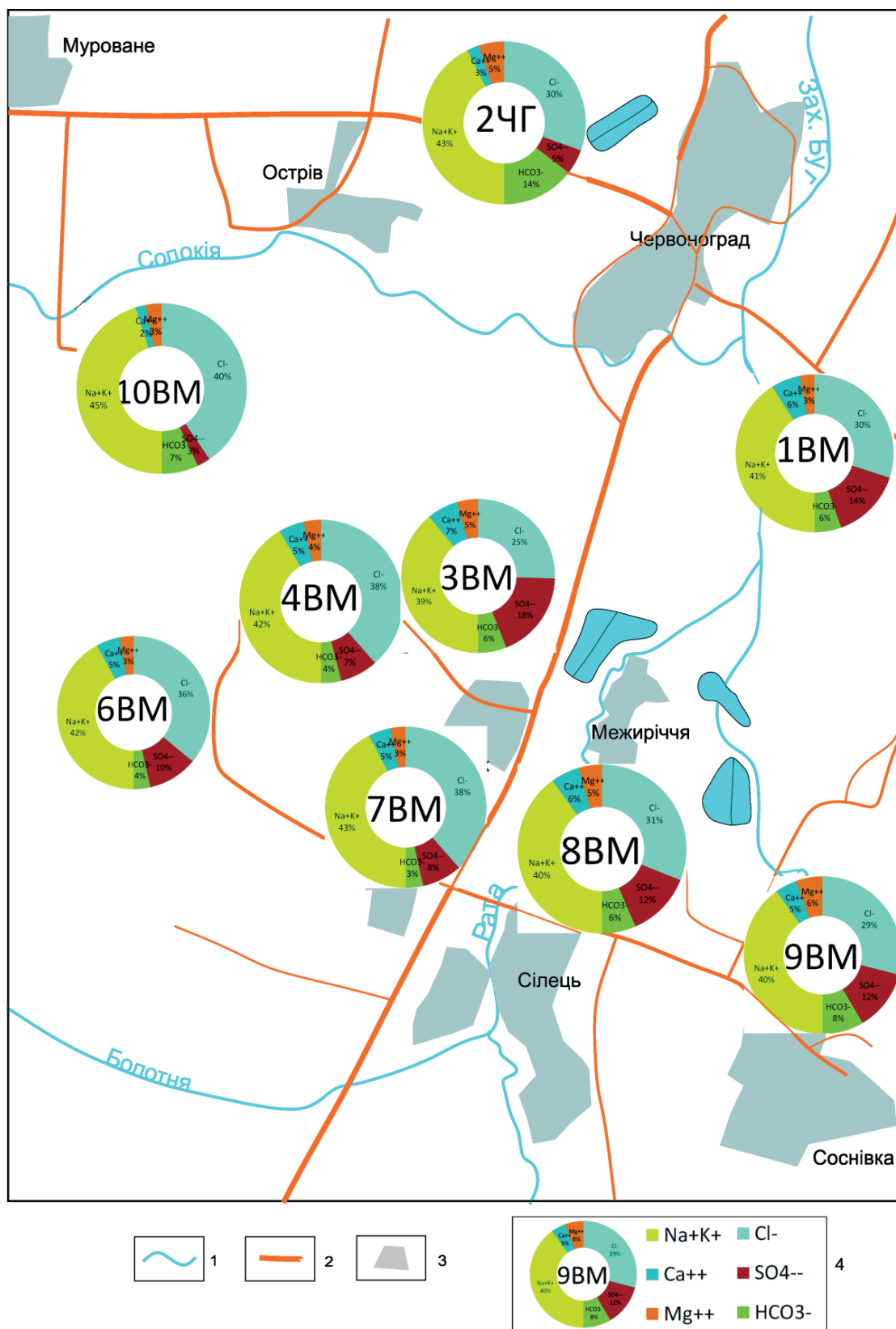


Рис. Географічна поширеність гідрохімічних типів шахтних вод ЧНП: 1 – річки; 2 – автомобільні шляхи; 3 – населені пункти; 4 – аніонно-катіонний склад шахтних вод у %-екв. (усередині – номери вугільних шахт: ЧГ – Червоноградські, ВМ – Великомежиріччя)

Характеристика й класи шахтних вод Донбасу та ЧГПР

| | | ЧГПР | Центральний Донбас* | | |
|--|---------|---|--|--|---|
| рН | | нейтральні рН 6,5-8,5 | нейтральні рН 6,5-8,5 | кислі рН < 6,5 | лужні рН > 8,5 |
| Мінералізація | | 3-10 г/дм ³ | 0,5-3,5 г/дм ³ | 1-10г/дм ³ | 2-7г/дм ³ |
| Глибина відбору проб, м | | -410/-550 | до -500 | -67/-1200 | -500/-1300 |
| Переважаючий клас шахтних вод за Питьевою К. | аніони | 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 ⁻ |
| | катіони | Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺ | Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺ | Na ⁺ >Mg ²⁺ >Ca ²⁺ Na ⁺ >Ca ²⁺ >Mg ²⁺ | Na ⁺ >Ca ²⁺ |

*– за даними О.А. Улицького, [4]

Висновки. Таким чином, урахувавши наведені вище дані, можна стверджувати, що хімічний склад підземних вод є вихідним у формуванні складу шахтних вод, а вміст у шахтних водах тих компонентів, що є нехарактерними для складу цих підземних вод, пов'язаний з наявністю обводнених розривних порушень, які гідравлічно пов'язують підземні води різних гідрохімічних зон. Унаслідок цього в Центральному Донбасі формуються кислі, лужні та нейтральні, а у ЧГПР лише нейтральні шахтні води. Шахтні води ЧГПР характеризуються величинами мінералізації від 3 до 10 г/дм³, Центрального Донбасу – від 1–2 до 30 г/дм³. Більш детально були розглянуті нейтральні води обох досліджуваних районів. Вони характеризуються невеликими й середніми глибинами залягання. Встановлено, що у ЧГПР домінуючими аніонами є аніони хлору, а у ЦДР – іони хлору та сульфат іони. Серед катіонів у ЧГПР переважають іони натрію, а шахтні води Центрального Донбасу мають різний катіонний склад. Отримані результати можна в подальшому використовувати для вибору оптимального способу очищення шахтних вод і для прогнозу змін стану довкілля під їх впливом.

Список літератури / References

1. 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.
2. Tarasova, Ye.A. and Proskurnya, Yu.A. (2007), “The chemical composition of mine water in Donetsk-Makeevka area of Donbass and new methods of forecasting”, *Naukovi Pratsi Donetskoho Natsionalnoho Tekhnichnoho Universytetu, Series Mining-and-Geological*, vol.1, no.112, pp. 38–42.
3. Суярко В.Г. Геохимия подземных вод восточной части Днепровско-Донецкого авлакогена / Суярко В.Г. // ХНУ им. В.Н. Каразина – Харьков, 2006. – 225 с.
4. Suyarko, V.G. (2006), *Geokhimiya podzemnykh vod vostochnoy chasti Dneprovsko-Donetskogo avlakogena* [Groundwater Geochemistry of the Eastern Part of the Dnieper-Donets Aulacogen], KhNU imeni V.N. Karazina, Kharkov, Ukraine.
5. 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.
6. Buchatska, H.M. (2009), “Hydrogeological conditions and hydrogeochemical zoning of Lviv-Volyn Coal Basin”, *Visnyk Lvivskoho Universytetu, Series Geological*, no.23, pp. 175–183.
7. 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.
8. Ulytskyi, O.A. (2009), “Geochemical characteristics of mine water in Donbass”, *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Universytetu im. V.N. Karazina*, no.31, pp. 79–82.
9. Суярко В.Г. Гідрогеохімія (геохімія підземних вод) / Суярко В.Г. – Харків, ХНУ ім. В.Н.Каразіна, 2010. – 112 с.
10. Suyarko, V.H. (2010), *Hidroheokhimiya (heokhimiya pidzemnykh vod)* [Hydrogeochemistry (Groundwater Geochemistry)], *KhNU imeni V.N. Karazyna*, Kharkov, Ukraine.
11. Крайнов С.Р. Гидрогеохимия / Крайнов С.Р., Швец В.М. – М.: Недра, 1992. – 463 с.
12. Kraynov, S.R. and Shvets, V.M (1992), *Hydroheokhimiya* [Hydrogeochemistry], Nedra, Moscow, Russia.
13. Бучацька Г.М. Геохімічні та гідрогеохімічні особливості Червоноградського гірничопромислового району / Г.М. Бучацька // Вісник Львівського університету. Серія „Геологічна“. – Львів, 2002. – Вип. 16. – С.144–154.
14. Buchatska, H.M. (2002), “Geochemical and hydrogeochemical features of Chervonograd mining area”, *Visnyk Lvivskoho Universytetu, Series Geological*, no.16, pp. 144–154.
15. Дузь А.И. Охрана среды и использование отходов угольного производства / Дузь А.И., Пичугин Б.В., Дуденко И.И. – Донецк: „Донбас“, 1990. – 110 с.
16. Duz, A.I., Pichugin, B.V. and Dudenko, I.I. (1990), *Okhrana sredy i ispolzovaniye otkhodov ugolnogo proizvodstva* [Environment Protection and Coal Production Wastes Utilization], Donbas, Donetsk, Ukraine.

9. Суярко В.Г. Возможности использования подземных и шахтных вод Донбасу як гідромінеральної сировини / В.Г. Суярко, І.К. Решетов, К.О. Безрук // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2007. – № 3. – С. 7–12.

Suyarko, V.H., Reshetov, I.K. and Bezruk, K.O. (2007), "Possibilities of utilization of groundwater and mine water of Donbas as a hydro-mineral raw material", *Ekolohiia Dovkillia ta Bezpeka Zhyttiedialnosti*, no.3, pp. 7–12.

Цель. Обобщить компонентный состав и свойства шахтных вод Центрального Донбасса и Червоноградского горнопромышленного района, дать сравнительную характеристику составу и свойствам этих вод.

Методика. Анализ и обобщение собственных и опубликованных данных отечественных ученых в области изучения шахтных вод.

Результаты. Проведена количественная и качественная сравнительная оценка состава шахтных вод Центрального Донбасса и Червоноградского горнопромышленного района (ЧГПР). Более подробно были рассмотрены нейтральные воды обоих исследуемых районов. Шахтные воды ЧГПР характеризуются величинами минерализации от 3 до 10 г/дм³, Центрального Донбасса – от 1–2 до 30 г/дм³. Установлено, что в ЧГПР доминирующими анионами являются анионы хлора, на Центральном Донбассе – ионы хлора и сульфат ионы. Среди катионов в ЧГПР преобладают ионы натрия, а шахтные воды Центрального Донбасса имеют разный катионный состав.

Научная новизна. Установлены районы распространения определенных диапазонов концентраций главных ионов состава шахтных вод, а также выявлены пространственные геохимические особенности этих вод. Впервые получена сравнительная характеристика компонентного состава шахтных вод Центрального Донбасса и Червоноградского горнопромышленного района.

Практическая значимость. Практическое значение исследования заключается в том, что результаты изучения компонентного состава шахтных вод можно использовать для выбора оптимального способа очистки этих вод и для прогноза изменений состояния окружающей среды под их влиянием. Выбор оптимальной технологической схемы очистки шахтных вод – достаточно сложная задача, что обусловлено составом этих вод и многообразием примесей, находящихся в воде. Соответственно, знание химического состава позволяет осуществить выбор наиболее эффективного и низкочастотного способа очистки. Полу-

ченные результаты та-кже могут быть использованы на угольных предприятиях для прогноза химического состава шахтных вод.

Ключевые слова: шахтные воды, химический состав, Центральный Донбасс, Червоноградский горнопромышленный район

Purpose. Summarize the component structure and properties of mine water from Chervonograd area and Central Donbass, and give the comparative description of the composition and properties of the fluid.

Methodology. Analysis and synthesis of own data and the information concerning studies of mine water published earlier by local scientists.

Findings. Quantitative and qualitative comparative evaluation of the composition of mine water from Chervonograd mining area and Central Donbass has been carried out. Neutral water from the both studied areas has been considered in detail. Mine water from Chervonograd mining area is characterized by values of mineralization from 3 to 10 g/dm³, and the water from Central Donbass, from 1-2 to 30 g/dm³. It has been proved that in Chervonograd mining area the anions of chlorine are dominant anions, and in Central Donbas, chloride ions and sulfate ions. Sodium ions are dominant cations in Chervonograd mining area; and cationic composition of mine waters in Central Donbass is different.

Originality. The areas of distribution of a certain range of concentrations of major ions in composition of mine waters have been established and spatial geochemical characteristics of these waters have been found. This is the first comparative description of the component composition of mine water from Chervonograd mining area and Central Donbass.

Practical value. The results of the study of component composition of mine water can be used to choose the best way of mine water purification and to forecast changes in the environment caused by its influence. Selection of an optimal technological scheme of mine water purification turned out to be a challenging task due to the composition of the fluid and the variety of impurities in it. Thus knowledge of the chemical composition allows selection of the most effective and low-cost purification method. The results obtained can also be used in coal mines for prediction of chemical composition of mine water.

Keywords: mine water, chemical composition, Central Donbass, Chervonograd mining area

Рекомендовано до публікації докт. геол.-мінер. наук В.М. Гулієм. Дата надходження рукопису 27.03.14.