

Н. П. Шерстюк., Л. О. Носова, В. Н. Белік

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

АНАЛІЗ ГІДРОХІМІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД НА ТЕРИТОРІЇ ПІВНІЧНОГО ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНОГО КОМБІНАТУ

Вивчені особливості міграції головних іонів у водних об'єктах на території Північного гірничо-збагачувального комбінату (Кривбас). Встановлено, що технофільними елементами у поверхневих водах на даній території є хлор- та сульфат-іони, іони натрію.

Ключові слова: головні іони, поверхневі води, родовища залізних руд, техногенна метаморфізація, коефіцієнт водної міграції.

Изучены особенности миграции главных ионов в водных объектах на территории Северного горно-обогатительного комбината (Кривбасс). Установлено, что технофильными элементами в поверхностных водах на данной территории являются хлор- и сульфат-ионы, ионы натрия.

Ключевые слова: главные ионы, поверхностные воды, месторождения железных руд, техногенная метаморфизация, коэффициент водной миграции.

The features of hydrochemical objects are studied on territory of the North mining-concentration combine (Cryvbass). It is set that by origin of technical elements in surface-water there are chlorine- and sulphate-ions on this territory, ions of sodium.

Keywords: main ions, superficial water, deposit of iron-stones, technogenic metamorphoses, coefficient of aquatic migration

Постановка проблеми. Ступінь екологічної небезпеки підприємств гірничо-видобувної промисловості визначається їх багатofакторним (багато в чому геохімічним) впливом на всі елементи навколишнього середовища.

У ході поширення хімічних елементів і сполук, що надходять від техногенних джерел (процесів і об'єктів) утворюються ореоли та потоки розсіювання, подібні із природними геохімічними аномаліями.

З початку промислового освоєння залізрудних родовищ у Криворізькому районі суттєво змінилися характер та інтенсивність надходження в гідросферу хімічних елементів, що обумовлено техногенним переміщенням великих мас гірських порід з їхнім наступним перерозподілом у відвалах, гідровідвалах і хвостосховищах, водовідливом з кар'єрів і шахт, скидами виробничих стічних вод збагачувальних фабрик і хвостосховищ, поверхневим зливом з території гірничих відвалів і т.п.

Щорічно в Кривбасі відкачується 20—22 млн. м³ високомінералізованих шахтних вод (з мінералізацією від 5 до 96 г/дм³ при середній мінералізації 30 г/дм³, в основному це хлоридні води з високим вмістом хлор-, сульфат-іонів, іонів натрію та магнію, що перевищують гранично допустимі концентрації для поверхневих водних об'єктів) і майже 18—20 млн. м³ кар'єрних вод, причому щорічно об'єм скидання стічних вод наростає. Внаслідок цього в поверхневих водотоках з високою швидкістю утворюються великі й високоінтенсивні зони забруднення.

У цілому майже всі річки району за екологічними критеріями віднесені до помірно забруднених (III категорія чистоти). У зв'язку із запиленістю приземної атмосфери в них фіксується значне збільшення частки завислих форм.

Сучасне розуміння процесів міграції елементів у біотехносфері дозволяє розглядати поверхневі води як невід'ємну частину ландшафту. Вони є важливими транспортними шляхами, по яких мігрують хімічні елементи.

Аналіз основних досліджень та публікацій. Проблеми гідрохімії техногенезу найбільше повно представлені у роботах Л.М. Горєва, В.І. Пелешенка та В.К. Хільчевського [1,2,3], у яких викладені основні тенденції техногенної метаморфізації природних вод, що проявляються в глобальній тенденції формування забруднених поверхневих вод хлоридного й сульфатного типу, по катіонній групі - натрієвих вод. Відомі роботи Ф.І.Тютюнової та О.Я.Гаєва та [4,5] по гідрогеохімії урбанізованих територій, в яких також зазначені основні ознаки техногенної

метаморфізації природних вод, вивчені та виділені характерні напрямки даного процесу.

В останні роки на екологічні проблеми річок басейну Дніпра звернули увагу громадські організації [6]. Відзначається стала тенденція до зменшення концентрації у воді гідрокарбонат-

іону та іону кальцію при такому самому стабільному зростанні концентрації сульфат- та хлор-іонів, іонів магнію, натрію та калію.

На даний час не досліджено питання зміни хімічних типів та міграційних властивостей головних іонів у поверхневих водах районів гірничо-видобувної промисловості.

Мета дослідження. Інтенсивна експлуатації залізородних родовищ Кривбасу та значний кар'єрний та шахтний водовідлив обумовили виникнення у даному регіоні специфічних гідрохімічних умов. Знаходження головних іонів (макрокомпонентів) у поверхневих водах у рухливій формі дозволяє їм легко мігрувати, засвоюватися рослинами та тваринами і, в решті-решт, обумовлює геохімічні особливості ландшафту в цілому.

Метою дослідження є вивчення особливостей міграційних властивостей головних іонів (хлор- та сульфат-іонів, іонів кальцію, магнію та натрію) у поверхневих водах на території із значним техногенним навантаженням (на прикладі Північного гірничо-збагачувального комбінату Кривбасу – ПівнГЗК), що раніше не досліджувалось.

Викладення основного матеріалу

Об'єктом дослідження є поверхневі води на території ПівнГЗКа, за якими проводилися багаторічні спостереження (з 1989 р.) Саксаганською гідрогеологічною партією та лабораторією фізико-хімічних методів дослідження Науково-дослідного інституту геології Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара (у рамках виконання тем за кошти держбюджету).

Територія Північного гірничо-збагачувального комбінату розташована в північно-східній частині Криворізького залізородного басейну. З південного сходу вона обмежена долиною р. Саксагань, з півдня й південного заходу Першотравенським і Анновським кар'єрами. Видобуток залізних руд почався в 1963 р. (рис.1)

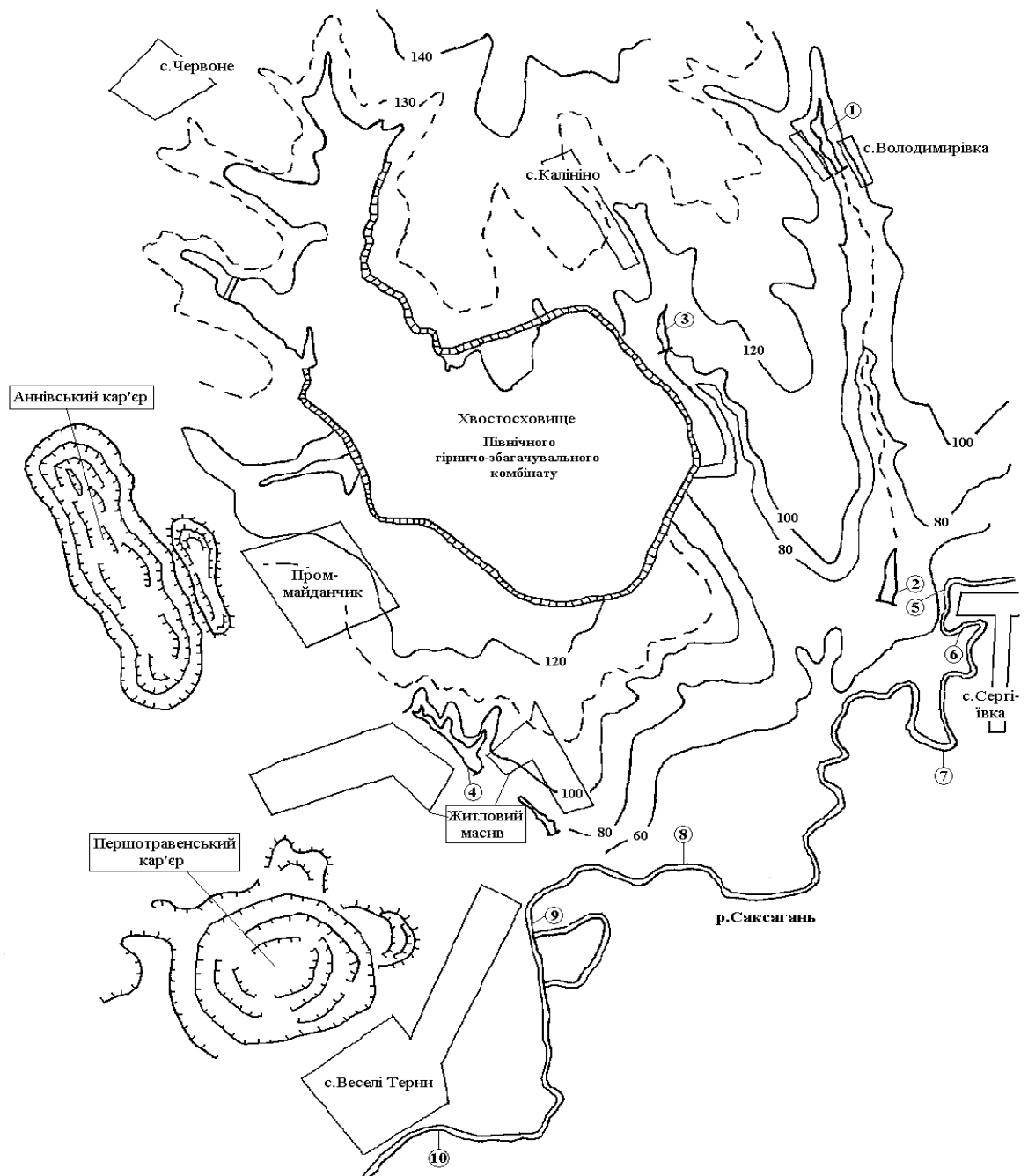


Рис.1 Картохема території Північного гірничо-збагачувального комбінату
Умовні позначення:

Пункти гідрохімічних спостережень: **1** – ставок у балці Мотіна-1; **2** – ставок у б. Мотіна-2; **3** – ставок у б. Брусова; **4** – ставок у б. Приворотна; **5** – р.Саксагань – біля моста у с.Сергіївка; **6** – р.Саксагань – с. Сергіївка; **7** – р.Саксагань – ВП-1; **8** – р.Саксагань – ВП-2; **9** – р.Саксагань – ВП-3; **10** – р.Саксагань – біля моста у с. Веселі Терни

У геоморфологічному відношенні район є степовою акумулятивно-денудаційною рівниною слабо нахиленою до півдня й південного сходу, з яружно-балковим і долинним типом рельєфу. Абсолютні відмітки поверхні змінюються від 150 м у північній частині до 55 м у південній, знижуючись до русла р. Саксагань. Найбільш великими є балки Петрикова, Мотіна, Приворотна, Брусова й Грядковата. У найбільш великій з балок –

б.Петрикова – створено хвостосховище ПівнГЗКа. Природна поверхня внаслідок видобутку залізної руди ускладнена позитивними й негативними формами рельєфу: відвали гірських порід, чаша й гребля хвостосховища, кар'єри.

Клімат на даній території помірно-континентальний, середньорічна температура повітря, за даними Криворізької метеостанції, складає (+ 8,5 °С). Глибина промерзання ґрунту в середньому складає 0,8 – 1,0 м, мінімальна 0,53 – 0,64 м. Середньорічна температура ґрунту дорівнює 8,0°С. Середня кількість опадів змінюється в межах від 258,0 мм до 537,0 мм, у середньому - 406,0 мм [7].

Найпотужнішим аномальним гідрохімічним об'єктом на території досліджень є хвостосховище ПівнГЗКу, яке розташоване в середній частині балки Петрикова. Введено воно в експлуатацію в 1963 р. Схили і ложе балки в межах хвостосховища складені новопетровсько-межегірськими піщаними та четвертинними суглинистими відкладами. Хвостосховище виконано без екранування. Основна гребля хвостосховища розташована на відстані 2,5 км від гирла балки Петрикова, що впадає в р.Саксагань. Площа хвостосховища складає 1295 га (з них на саме хвостосховище припадає 980,0 га, а на ставок зворотної води – 315,0 га). Довжина хвостосховища 17,3 км (хвостосховище – 11,0 км, ставок – 6,3 км). Замикає контур хвостосховища розділова гребля довжиною 1,2 км, що відокремлює ставок зворотного водопостачання від самого хвостосховища.

З початку експлуатації хвостосховища, крім пульпи, у нього скидають господарсько-побутові стічні води. Починаючи з 1981 р., у хвостосховище скидають шахтні води хлоридного натрієвого типу.

До скидання у хвостосховище шахтних вод (до 1981р.) мінералізація води в ньому була найнижчою порівняно з хвостосховищами інших ГЗКів Кривбасу. В 1965 р. мінералізація води становила 0,93 г/дм³ (початок заповнення), за переважаючими іонами вода була сульфатно-гідрокарбонатна магнієво-натрієва. В 1968 р. мінералізація зросла до 1,02 - 1,03 г/дм³. Починаючи з 1972 р. і по 1980 р. мінералізація води у хвостосховищі перебувала в межах 1,4 - 1,7 г/дм³, причому, тип її змінився на хлоридно-сульфатний магнієво-натрієвий. У сімидесяті роки порівняно з шістдесятими мінералізація води підвищилася приблизно в 1,5 рази, в 1,5 - 2 рази збільшився вміст сульфат- і хлор-іонів з одночасним зменшенням вмісту гідрокарбонат-іону. В 1982 р. у результаті скидання шахтних вод у хвостосховище мінералізація виросла з 2,6 г/дм³ у січні до 5,0 г/дм³ у вересні. На кінець 1986 р. вона досягла 8,7 г/дм³, до кінця 1987 р. була 11,6 г/дм³. У цей час мінералізація води у хвостосховищі становить 14,3 г/дм³, описується наступною узагальненою формулою Курлова:

$$M_{14,3-13,2} \frac{Cl_{87,1-86,2}}{Na_{85,0-75,9}}.$$

Тип води хлоридний натрієвий.

Гідрографічна мережа району досліджень представлена річкою Саксагань та ставками.

Ставки у балках Приворотна, Брусова і Мотіна акумулюють води поверхневого і підземного стоків.

Поверхневий стік балки Мотіна зарегульований двома ставками зв'язаними між собою і з р. Саксагань переривчастим водотоком. Ставок Мотіна-1 розташований на півночі території в межах селища Володимирівка, має витягнуту форму, що повторює днище балки. Довжина ставка 550 м при максимальній ширині – 75 м, абсолютна відмітка рівня води біля греблі – 95,7 м, середня глибина – 3,5 м. Ставок Мотіна-1 з'єднується тимчасовим водотоком з ставком-2, що розташований на південь від ставка-1 на відстані 4300 м і від р. Саксагань – 1500 м. Ставок Мотіна-2 має витягнуту форму, довжина ставка 480 м при ширині – 60 м, середня глибина – 3,2 м. Абсолютна відмітка рівня води – 66,2 м.

Систематичні спостереження за хімічним складом води в ставку балки Мотіна-1 проводилися з 1988 р. Склад води змінювався досить суттєво, описується наступною узагальненою формулою Курлова:

$$M_{4,0-1,3} \frac{SO_{72,9-51,2}^4 Cl_{38,5-20,5} HCO_{25,6-2,8}^3}{Ca_{59,2-14,8} Mg_{45,5-15,8} Na_{46,9-11,4}}.$$

Тип води гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатний, хлоридно-сульфатний, іноді сульфатний, за катіонною складовою – натрієво-магнієво-кальцієвий, магнієво-натрієвий або іноді натрієвий. Слід зазначити, що в більшості спостережень переважними є сульфатний аніон та іони натрію, а у останніх спостереженнях - магнію. Крім того, суттєво збільшилася мінералізація: від 1,3 до 4,0 г/дм³, разом з цим зменшується вміст гідрокарбонатного іону: від 25% до 2,8%. Такі суттєві зміни хімічного складу обумовлені значним техногенним навантаженням, а саме надходженням господарсько-побутових стічних вод селища Володимирівка.

Спостереження за хімічним складом води у ставку балки Мотіна-2 проводилися з 1989 р. Склад води змінювався незначно, описується наступною узагальненою формулою Курлова:

$$M_{2,1-1,1} \frac{SO_4^{4-}_{61,4-50,0} Cl_{40,3-23,1} HCO_3^3_{21,0-9,5}}{Na_{42,4-20,6} Mg_{45,5-24,5} Ca_{37,6-22,9}}$$

Тип води хлоридно-сульфатний, іноді гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатний з перевагою сульфатного іона, за катіонною складовою - натрієво-кальцієво-магнієвий або кальцієво-магнієво-натрієвий. У цій точці спостереження іон кальцію у воді займає підлегле положення, що пояснюється близькістю даного ставка до хвостосховища ПівнГЗКа.

У балці Брусова на південь від с.Калініно розташований ставок, який має витягнуту форму та повторює днище балки Брусова. Довжина ставка – 320 м, ширина в районі греблі – 42 м, глибина – 3,0 м, абсолютна відмітка води – 102,9 м. Ставок знаходиться в безпосередній близькості від хвостосховища (520 м).

Спостереження за хімічним складом води в ставку балки Брусова проводилися з 1989 р. Склад води змінювався незначно, суттєво збільшилася мінералізація. Узагальнена формула Курлова має вигляд:

$$M_{6,6-3,5} \frac{Cl_{68,3-54,9} SO_4^{4-}_{41,7-27,0}}{Na_{59,6-44,4} Mg_{32,2-26,9} Ca_{18,3-12,5}}$$

Тип води сульфатно-хлоридний магнієво-натрієвий, іноді кальцієво-магнієво-натрієвий, вміст гідрокарбонатного іону ніколи не перевищував 7%. Ставок розташований у безпосередній близькості від хвостосховища, що й обумовлює перевагу за аніонами - хлор-іона, а за катіонами - натрію.

У балці Приворотна знаходяться два ставки. Вода до ставок перекачується з річки Саксагань та використовується при збагаченні залізної руди на проммайданчику ПівнГЗКа. Ставок Приворотна-1 розташований у верхів'ях балки і умовно поділяється земляною греблею, через яку проходять з'єднувальні труби, на верхню та нижню частини. Верхня частина ставка має довжину 210 м та максимальну ширину 12 м, глибина ставка 2,2 м. Нижня частина ставка-1 займає розгалужений тальвег балки з двома рукавами. Довжина ставка 660 м, ширина (без розгалужень) – 70 м, глибина – 4,2 м. Абсолютна відмітка рівня води у ставку змінюється в залежності від поповнення з р. Саксагань і в середньому складає 85, 0 м. Ставок Приворотна-2 розташований на відстані 270 м від річки Саксагань, має довжину 480 м, ширина ставка – 30 м. Абсолютна відмітка рівня води – 62,5 м.

Склад води в ставку балки Приворотна вивчався з 1998 р., описується наступною узагальненою формулою Курлова:

$$M_{2,0-1,1} \frac{Cl_{60,0-25,4} SO_4^{4-}_{55,2-31,4} HCO_3^3_{26,3-8,6}}{Na_{58,8-21,9} Ca_{40,9-17,6} Mg_{38,3-19,1}}$$

Тип води гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридний, іноді сульфатно-хлоридний і за катіонною складовою – магнієво-кальцієво-натрієвий або магнієво-кальцієво-натрієвий. Специфічною

особливістю цього ставка є те, що вода в нього подається з р.Саксагань. Проте, перевага у складі іонів натрію та хлор-іону говорить про техногенний вплив на формування хімічного складу води в ставку.

Основним водотоком на даній території є р. Саксагань. Саксагань, річка в південно-східній частині Придніпровської височини, ліва притока Інгульця; довжина 144 км, водозбір — 2 025 км². Саксагань є типовою степовою маловодною річкою з широкою плоскою правобережною долиною і високим лівим схилом. Долина р. Саксагань у межах міста переважно трапецієподібна, заплава відкрита, лугова, суха. Ширина заплави 100—200м. Річище нерозгалужене, переважна ширина його (за винятком ділянок водосховищ Кресівського і Макортівського) 20—40 м. Швидкість течії незначна. Природний режим річки сильно змінений регулюючим впливом дамб, скиданням шахтних і промислових вод, а також відбором води на технічні потреби. Найбільші витрати води Саксагані досягають 240 м³/с. Стік ріки зарегульований Макортівським і Кресівським водосховищами, розташованими відповідно вище і нижче району ПівніГЗКа. Реалізовано проект щодо зміни русла р. Саксагань: здійснено будівництво відвідного тунелю довжиною понад 5300 м від Держинського водосховища до р. Інгулець. У районі тунелю рух води у річці утруднений, має дуже низьку швидкість.

В 2000 р. Кабінетом Міністрів України - (згідно розпорядження № 1346-р від 8.12.99) дозволено скид зворотних, високомінералізованих шахтних вод у річки Інгулець і Саксагань, що відбувається згідно регламенту, розробленому Інститутом гідробіології НАН України.

Гідрохімічні спостереження на р. Саксагань у районі досліджень виконуються на шести пунктах з півночі на південь:

- біля моста у с. Сергіївка; с. Сергіївка; ВП (водпост)-1 (абс. від. 54,7 м на 1.08.2010 р.); ВП-2 (абс. від. 54.59 м на 1.08.2010 р.); ВП-3 (абс. від. 53,96 м на 1.08.2010 р.); біля моста у с. Веселі Терни.

Спостереження за хімічним складом води в р. Саксагань (с. Сергіївка, біля моста) проводилися з 1988 р. Склад води змінювався значно, за час спостереження підвищується вміст майже всіх макрокомпонентів, за винятком гідрокарбонат-іону. Узагальнена формула Курлова має такий вигляд:

$$M_{3,3-0,8} \frac{SO_{63,8-49,6}^4 Cl_{31,0-25,2} HCO_{24,8-7,9}^3}{Mg_{52,5-27,1} Na_{50,5,9-9,7} Ca_{37,9-21,8}}$$

Тип води гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридний, іноді хлоридно-сульфатний і по катіонній складовій - натрієво-кальцієво-магнієвий і кальцієво-магнієвий, іноді кальцієво-магнієво-натрієвий або магнієво-кальцієво-натрієвий. За аніонним складом переважаючим завжди є сульфат-іон, а за катіонним складом стабільності не спостерігається: переважає іон натрію або магнію, але іон кальцію завжди займає підлегле положення та його вміст постійно зменшується.

У с. Сергіївка систематичні гідрохімічні спостереження на р. Саксагань проводилися з 1988 р. Склад води змінювався незначно, хоча спостерігається деяке підвищення вмісту хлор- і сульфат-іонів при постійному зменшенні гідрокарбонатного іону. Узагальнена формула Курлова має такий вигляд:

$$M_{3,3-1,2} \frac{SO_{60,7-51,9}^4 Cl_{29,8-21,5} HCO_{23,4-13,9}^3}{Na_{48,2-31,3} Mg_{33,5-27,1} Ca_{35,2-24,6}}$$

Тип води гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатний кальцієво-магнієво-натрієвий.

Спостереження за хімічним складом води в р. Саксагань (ВП-1) проводилися з 1989 р. Склад води змінювався незначно за час спостережень, описується наступною узагальненою формулою Курлова:

$$M_{3,4-0,7} \frac{SO_{58,8-33,9}^4 Cl_{47,9-22,1} HCO_{42,0-13,2}^3}{Na_{61,5-37,7} Mg_{32,1-15,0} Ca_{34,8-23,5}}$$

Тип води гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатний, гідрокарбонатно-сульфатно-хлоридний і по катіонній складовій - магнієво-кальцієво-натрієвий, іноді кальцієво-магнієво-натрієвий, з перевагою іона натрію.

Спостереження за хімічним складом води в р. Саксагань (ВП-2) проводилися з 1989 р. Склад води змінювався значно, відзначається підвищений вміст хлор-іона (1,2 г/дм³), описується наступною узагальненою формулою Курлова:

$$M_{3,3-1,5} \frac{Cl_{68,9-23,8} SO_{57,1-23,0}^4 HCO_{21,8-7,9}^3}{Na_{45,5-33,8} Mg_{40,4-23,0} Ca_{35,5-18,5}}$$

Тип води гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатний, іноді сульфатно-хлоридний, по катіонній складовій - магнієво-кальцієво-натрієвий, іноді кальцієво-магнієво-натрієвий, з перевагою іона натрію.

Систематичні спостереження за хімічним складом води в р. Саксагань (ВП-3) проводилися з 1989 р. За час спостережень помітно підвищується вміст сульфату-іона й іона натрію при постійному зменшенні гідрокарбонатного іону. Склад води описується наступною узагальненою формулою Курлова:

$$M_{3,6-1,5} \frac{SO_{57,1-48,0}^4 Cl_{34,8-23,7} HCO_{22,1-11,2}^3}{Na_{52,3-35,0} Mg_{36,1-27,3} Ca_{32,6-23,6}}$$

Тип води гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатний, іноді сульфатно-хлоридний, по катіонній складовій - магнієво-кальцієво-натрієвий, іноді кальцієво-магнієво-натрієвий.

Спостереження за хімічним складом води в р. Саксагань (біля моста у с. Веселі Терни) проводилися з 1989 р. Відзначено одиничне аномально високе значення мінералізації (8,7 г/дм³), вмісту хлор-іона (4,1 г/дм³) та іону натрію (2,4 г/дм³). В інших спостереженнях склад води змінювався незначно, його можна представити у вигляді наступної узагальненої формули Курлова:

$$M_{8,7-1,3} \frac{Cl_{79,6-29,3} SO_{56,2-11,1}^4 HCO_{23,6-9,3}^3}{Na_{73,8-30,4} Mg_{44,7-20,8} Ca_{34,6-8,2}}$$

Тип води гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатний, іноді сульфатно-хлоридний і хлоридно-сульфатний, хлоридний, за катіонною складовою - магнієво-кальцієво-натрієвий, іноді кальцієво-магнієво-натрієвий, магнієво-натрієвий з перевагою іона натрію.

Загалом, за час спостережень значно підвищилася мінералізація у всіх об'єктах, при цьому, знижується вміст гідрокарбонатного іону. Найбільших змін зазнав хімічний склад води у ставку б. Брусова, а найменших – вода у ставках б. Мотіна.

За змінами хімічного складу води в р. Саксагань з півночі на південь можна зробити висновок, що в усіх пунктах спостережень мінералізація води у річці підвищена, що зв'язано зі скиданням високомінералізованих вод із хвостосховища ПівнГЗКа.

Для порівняння досліджено хімічний склад води у р. Дніпро (Кайдакська насосна фільтрувальна станція, що займається водопідготовкою питної води для міст Дніпропетровськ, Новомосковськ та ін.). Хімічний тип води описується наступною формулою Курлова:

$$M_{0,4-0,2} \frac{HCO_{71,5-40,0}^3 Cl_{34,5-13,9} SO_{25,5-10,3}^4}{Ca_{71,5-54,3} Mg_{37,8-15,6} Na_{16,0-0,3}}$$

Тип сульфатно-хлоридно-гідрокарбонатний магнієво-кальцієвий. Річка Дніпро відрізняється і хімічним типом води і кількістю води, що нею переноситься. За період спостережень (з 1999 р.) суттєвих змін хімічного складу не спостерігалось, що свідчить про те, що Дніпро ще не втратив самоочисної здатності.

Висновки. Проведений аналіз гідрохімічної ситуації т поверхневих водах підтвердив, що технофільними елементами в умовах розробки залізорудних родовищ Кривбасу, а саме Північного гірничо-збагачувального комбінату, є хлор- і сульфат-іони, іони натрію, які знаходяться на даній території в надлишку.

Такі умови неминуче позначаються на формуванні геохімічних особливостей ландшафтів у цілому, тобто сприяють розвитку засолення й осолонцювання ґрунтів, що у свою чергу обумовлює наявність специфічних видів рослин.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що геохімічна рухливість елементів на території ПівнГЗКа обумовлена наявністю промислових об'єктів. З екологічної точки зору хвостосховище може бути розглянуто, як техногенна геохімічна аномалія з підвищеним вмістом іонів сірки, хлору та натрію. Ці макрокомпоненти залучаються в біологічний кругообіг і є важливою геохімічною характеристикою ландшафтів.

Бібліографічні посилання

1. Горев Л.М. Гідрохімія України / Л.М. Горев, В.І. Пелешенко, В.К. Хільчевський. – К.: Вища школа, 1995. – 307 с.

2. Горев Л.Н. Мелиоративная гидрохимия / Л.Н. Горев, В.И. Пелешенко.– К.: Вища школа, 1984. – 250 с.

3. Хільчевський В.К. Про деякі сучасні напрямки гідрохімічних та гідроекологічних досліджень / В.К. Хільчевський, М.І.Ромась, В.М.Савицький // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вип. 251. – С.84 – 94.

4. Тютюнова Ф.И. Гидрогеохимия техногенеза. - М.: Наука, 1987. - 335с.

5. Гаев А.Я. Техногенная метаморфизация химического состава природных вод / А.Я. Гаев, В.С. Самарина, Ю.М. Пестеренко. – Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1999. – 444 с.

6. Сайт "Екологія міста Запорозжя" (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://ekologia.3dn.ru/publ/1-1-0-40> – Загол. з екрана.

7. Булава Л.Н. Физико-географический очерк территории Криворожского горнопромышленного района / Л.Н. Булава // Деп. в УкрНИИТИ 2.11.90. - Кривой Рог, 1990. - 125 с.

Надійшла до редколегії 5.04.2011 р.