

**Ключові слова:** якість води; показники забруднення води; забруднення води; повторюваність класів забруднення.

### **Оценка качества воды реки Ингул по гидрохимическим показателям**

**Лобода Н.С., Яров Я.С., Роша Е.И.**

*Проведена оцінка якості води по довжині річки Інгул по різних показателях, які базуються на даних спостережень (1974 – 2007 г.). Встановлено повторюваність класів забруднення та головні забруднюючі речовини.*

**Ключевые слова:** качество воды, показатели загрязнения воды, загрязнение воды, повторяемость классов загрязнения.

### **Estimation of quality of water of the river Ingul on hydrochemical indexes**

**Loboda N.S., Yarov Y.S., Rosha K.I.**

*The quality estimation is spent drive on length of the river Ingul on different indicators which are based on the data of supervision (1974 – 2007). Repeatability of classes of pollution and the main polluting substances is established.*

**Keywords:** quality of water, indicators of pollution of water, water pollution, repeatability of classes of pollution.

**Надійшла до редколегії 27.10.10**

УДК 504.45:556.55(477)

**Шерстюк Н.П.**

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара*

## **ВПЛИВ ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА МІГРАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ГОЛОВНИХ ІОНІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ**

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

**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 у Кривбасі відкачується 20—22 млн. м<sup>3</sup> високомінералізованих шахтних вод (з мінералізацією від 5 до 96 г/дм<sup>3</sup> при середній мінералізації 30 г/дм<sup>3</sup>, 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. м<sup>3</sup> 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 [1–3], 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 території, 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.

Питання про геохімічну рухливість хімічних елементів в умовах зони гіпергенезу найбільш повно розроблено О.І. Перельманом [7], який встановив основні фактори рухливості, оцінив інтенсивність водної міграції, запропонував методи її визначення, установив розмаїтість міграції в різних геохімічних умовах, розробив гідрохімічну класифікацію елементів, визначив класи водної міграції, класифікував геохімічні бар'єри й т.д.

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 залізорудних 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 НДІ геології Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара (у рамках виконання тем за кошти держбюджету).

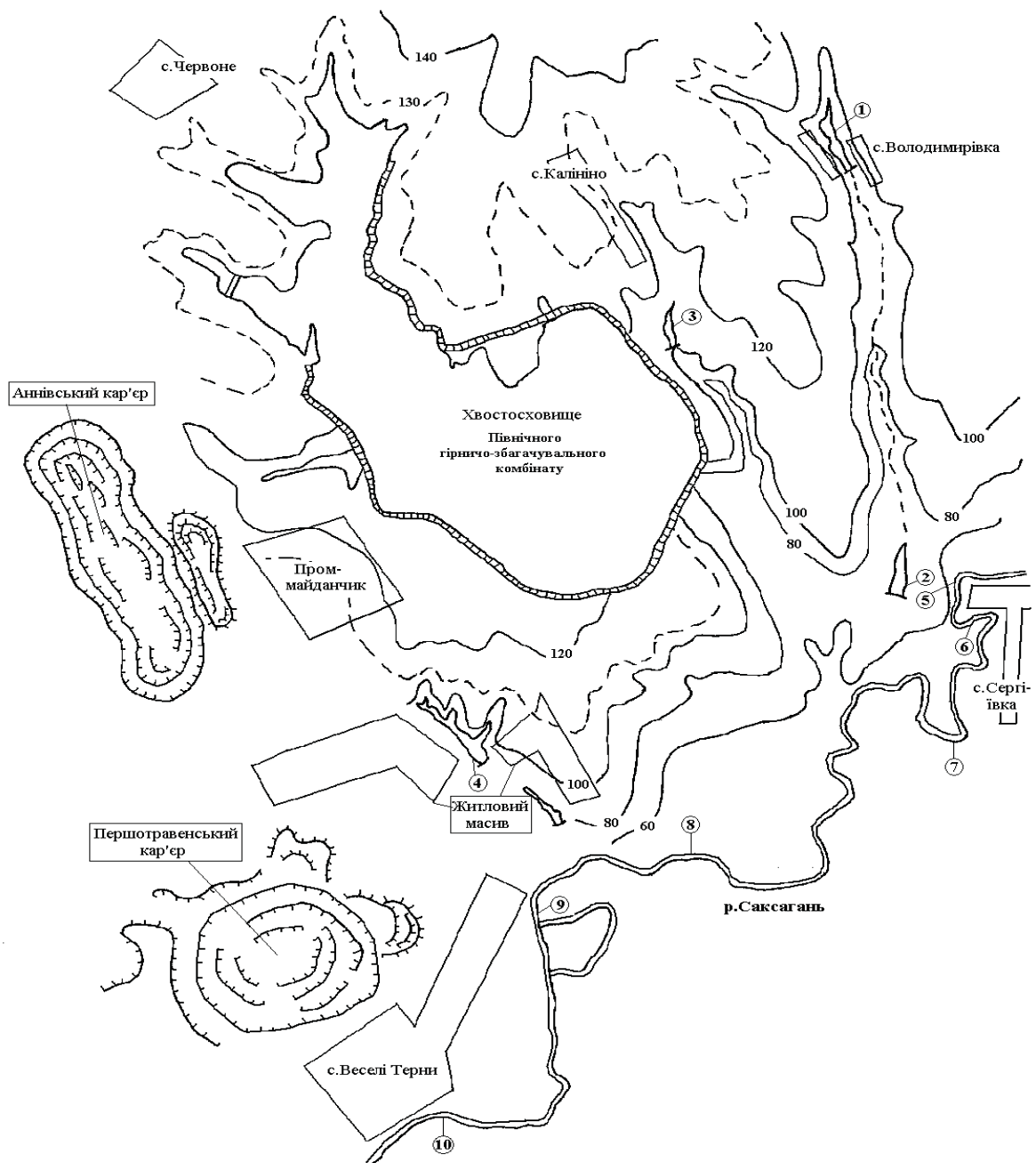
Територія Північного гірничо-збагачувального комбінату розташована в північно-східній частині Криворізького залізорудного басейну. З південного сходу вона обмежена долиною р. Саксагань, з півдня й південного заходу - Першотравенським і Анновським кар'єрами. Видобуток залізних руд почався в 1963 р. (рис.).

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 [8].

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.



**Рис. 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.

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  $0,93 \text{ г/дм}^3$  (початок заповнення), за переважаючими іонами вода була сульфатно-гідрокарбонатна магнієво-натрієва. В 1968 р. мінералізація зросла до  $1,02$  -

1,03 г/дм<sup>3</sup>. Починаючи з 1972 р. і по 1980 р. мінералізація води у хвостосховищі перебувала в межах 1,4 - 1,7 г/дм<sup>3</sup>, причому, тип її змінився на хлоридно-сульфатний магнієво-натрієвий. У сімидесяті роки порівняно з шістидесятими 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/дм<sup>3</sup> у січні до 5,0 г/дм<sup>3</sup> у вересні. На кінець 1986 р. вона досягла 8,7 г/дм<sup>3</sup>, до кінця 1987 р. була 11,6 г/дм<sup>3</sup>. У цей час мінералізація води у хвостосховищі становить 14,3 г/дм<sup>3</sup>, 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/дм<sup>3</sup>, 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:

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

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:

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

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 ставків 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:

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

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 км<sup>2</sup>. 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 м<sup>3</sup>/с. Стік ріки зарегульований Макортівським і Кресівським водосховищами, розташованими відповідно вище і нижче району ПівнГЗКа. Реалізовано проект щодо зміни русла р. Саксагань: здійснено будівництво відповідного 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.

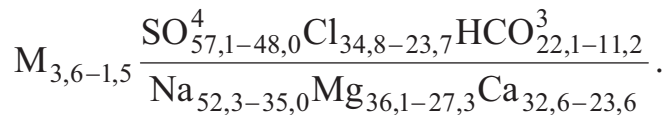
Спостереження за хімічним складом води в р. Саксагань (ВП-2) проводилися з 1989 р. Склад води змінювався значно, відзначається підвищений вміст хлор-іона (1,2 г/дм<sup>3</sup>), описується наступною узагальненою формулою Курлова:

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

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

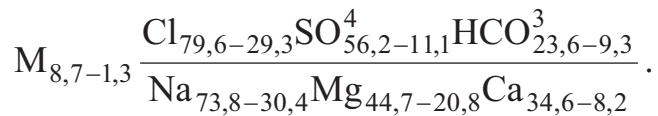
Систематичні спостереження за хімічним складом води в р. Саксагань (ВП-3) проводилися з 1989 р. За час спостережень помітно підвищується вміст сульфату-іона й іона натрію при постійному зменшенні гідрокарбонатного іону. Склад води описується наступною узагальненою формулою Курлова:





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/дм<sup>3</sup>), вмісту хлор-іона (4,1 г/дм<sup>3</sup>) та іону натрію (2,4 г/дм<sup>3</sup>). В інших спостереженнях склад води змінювався незначно, його можна представити у вигляді наступної узагальненої формули Курлова:

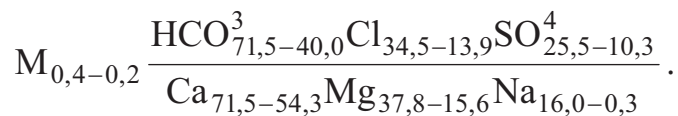


Тип води гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатний, іноді сульфатно-хлоридний і хлоридно-сульфатний, хлоридний, за катіонною складовою - магнієво-кальцієво-натрієвий, іноді кальцієво-магнієво-натрієвий, магнієво-натрієвий з перевагою іона натрію.

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:



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 втратив самоочисної здатності.

Основні хімічні властивості природних вод визначаються вмістом головних іонів (макрокомпонентів), кислотно-лужними та окисно-відновними умовами, але валовий вміст хімічного елемента у водах ще не характеризує інтенсивність його водної міграції. Одним з найбільш відомих

методів визначення рухливості хімічних елементів, запропонованих О.І. Перельманом, є коефіцієнт водної міграції  $K_x$ , який розраховується за формулою [7]:

$$K_x = \frac{m_x \cdot 100}{a \cdot n_x},$$

де  $m_x$  – вміст елемента X у воді, мг/дм<sup>3</sup>;  $n_x$  – вміст того ж елемента в породах, %;  $a$  – мінералізація (сухий залишок), мг/дм<sup>3</sup>.

Часто замість вмісту елемента в породах, що підстилають, використовують кларк елемента в літосфері. Така заміна дозволяє оцінити положення елемента в рядах міграції.

Коефіцієнт водної міграції за О.І. Перельманом характеризує умовну швидкість виносу хімічних елементів відносно кларкового їхнього вмісту у гірських породах.

Чим вище  $K_x$ , тим інтенсивніше елемент виводиться з порід, і підвищується його водна міграція в розчині. Даний коефіцієнт дозволяє порівнювати між собою інтенсивність міграції хімічних елементів, що мають досить різні кларки. Коли з породи виноситься певна кількість хлор-іону, то одночасно виноситься еквівалентна кількість іону натрію (або іншого катіона – кальцію, магнію). Однак на міграційну здатність натрію це майже не впливає, тому що кларк натрію становить 2,5%, хлору –  $1,7 \times 10^{-2}\%$ .

Таким чином, розходження у вмістах хлору й сірки, з одного боку, і кальцію, магнію, калію, з іншого, обумовлюють наступне положення: незважаючи на те, що разом з хлором і сіркою мігрує еквівалентна кількість катіонів, міграційна здатність перших у десятки разів більша, ніж других.

Відповідно до класифікації О.І.Перельмана хлор і сірка відносяться до групи дуже рухливих мігрантів, а натрій, кальцій, магній до групи - легкорухливих мігрантів. З іншої сторони хлор і сірка є елементами, що енергійно накопичуються біологічною речовиною, а натрій, кальцій і магній відносяться до групи сильнонакопичувальних.

Однак О.І. Перельман обмежує використання даного коефіцієнта для підземних вод і пропонує його для оцінки водної міграції елементів у ландшафті, а саме у поверхневих водах.

Для оцінки міграційних властивостей головних іонів на території ПівнГЗКа розрахований коефіцієнт водної міграції для природних поверхневих водотоків і водойм для хлор-, сульфатів-іонів, іонів кальцію, магнію й натрію (табл.).

Загальний аналіз значень коефіцієнтів водної міграції показує значне перевищення для хлор-іона по всіх об'єктах: за класифікацією О.І. Перельмана він змінюється від ~800 до ~20, на досліджуваній території - від 1325 до 977, і досить низькі значення для іонів кальцію: за О.І. Перельманом – від 1,0 до 20, для водних об'єктів ПівнГЗКа - від 0,9 до 6,0.

За інтенсивністю водообміну та умовами формування гідрохімічні об'єкти, що досліджуються умовно можна розділити на чотири групи: хвостосховище, ставки (у балках Мотіна, Брусова, Приворотна); річка

Таблиця. Значення коефіцієнтів водної міграції головних іонів у водних об'єктах Північного ГЗК у Кривбасі

№ на карто-схемі	Водний об'єкт	Коефіцієнт водної міграції				
		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (*)	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
	Хвостохочище	81,03...39,67 <sup>max</sup> 61,15	3138,81...1987,58 2721,09	0,92...0,61 0,79	2,08...1,21 1,78	22,14...11,92 15,27
1	Ставок б. Мотіна-1 (с. Володимирівка)	395,9...263,94 298,1	1318,53...636,82 987,1	5,96...1,61 3,83	5,12...1,52 3,22	6,65...1,57 4,6
2	Ставок б. Мотіна-2	321,22...264,55 285,82	1325,19...729,14 1004,7	3,97...3,11 3,55	4,62...2,41 2,93	6,23...2,96 5,23
3	Ставок б. Брусова	233,05...178,58 203,77	2842,86...1877,60 2141,5	2,05...1,39 1,67	4,46...2,88 3,28	9,15...6,90 8,36
4	Ставок б. Приворотна	254,49...174,29 223,1	2033,57...785,40 1298,36	6,05...1,93 3,05	5,30...1,93 2,9	8,79...4,40 6,84
5	р. Саксагань (біля моста у с.Сергіївка)	340,74...253,84 273,07	1002,18...745,10 870,66	3,97...2,23 3,07	5,29...2,65 3,38	7,04...1,38 5,09
6	р. Саксагань (с.Сергіївка)	314,29...267,31 283,42	947,62...665,91 797,27	3,63...2,47 2,8	3,31...2,61 2,89	6,56...4,37 5,97
7	р. Саксагань (ВП-1)	306,01...182,25 248,79	1585,45...737,40 1087,21	3,42...2,35 2,92	3,34...1,44 2,74	8,35...4,87 6,2
8	р. Саксагань (ВП-2)	298,17...130,10 241,88	2381,29...741,61 1269,03	3,66...2,08 2,77	4,54...2,36 2,91	8,88...4,79 6,51
9	р. Саксагань (ВП-3)	298,17...263,60 272,6	1128,27...740,74 959,98	3,39...2,43 3,02	3,58...2,36 3,21	7,38...4,50 5,45
10	р. Саксагань (біля моста у с. Веселі Терни)	295,19...63,02 231,53	2767,97...940,34 1301,35	3,65...0,92 2,66	4,56...1,94 2,92	11,27...4,39 6,55
	р. Дніпро (м. Дніпропетровськ, Кайдацька насосно-фільтрувальна станція, 1-й підйом)	149,31...46,57 85,59	645,10...294,77 425,05	6,63...3,64 5,87	3,59...1,34 2,79	4,19...0,12 2,73

**Примітка.** (\*) Коефіцієнт водної міграції перерахований для сірки.

(\*\*) В чисельнику: максимальне та мінімальне значення; у знаменнику – середнє.

Саксагань (біля мосту с. Сергіївка, с. Сергіївка, ВП-1, ВП-2, ВП-3, біля моста у с. Веселі Терни) та р.Дніпро.

Хвостосховище розглядається як техногенна геохімічна аномалія. У водах ставка хвостосховища пригнічуються міграційні властивості сульфат-іону, іонів кальцію та магнію, при аномальному збільшенні міграційних властивостей іонів хлору та натрію.

Ставки мають специфічні умови водообміну й гідрохімічного розвитку: вони сформувався в результаті будівництва хвостосховища в балці Петрикова, що привело до зниження загальної дренажності території. Відзначаються високі значення коефіцієнта водної міграції в цій групі об'єктів для сульфат-іона (395,9... 174,29 середнє - 298,1... 203,77), хлор-іона (2842,86...636,82; середнє – 2141,5...987,1) та іону натрію (9,15...1,57: середнє - 8,36...4,6).

До третьої групи віднесені водопункти по р.Саксагань. Характерним є зміни величини коефіцієнта водної міграції хлор-іона від с. Сергіївка до мосту сел. Веселий Терни (від 947,6 до 2768,0) з підвищенням у ВП-2. Така зміна викликана, безумовно, техногенним впливом, а саме, скидами у Саксагань високомінералізованих вод із хвостосховища й витоків господарсько-побутових стічних вод з каналізаційної системи с. Веселі Терни. Така ж закономірність простежується й у зміні коефіцієнта водної міграції іону натрію.

Максимальні значення коефіцієнта водної міграції сульфат-іона поступово зменшуються по річці (від 340,74 до 295, 19), при цьому різниця між максимальними та мінімальними значеннями збільшується по довжині річки та стає максимальною в пункті спостережень р. Саксагань біля моста у с. Веселі Терни. Така міграційна ситуація підтверджує вплив техногенних об'єктів ПівнГЗКа на поверхневі водотоки.

Для порівняльного аналізу значень коефіцієнтів водної міграції в таблиці наведено дані по р. Дніпро (Кайдакська насосно-фільтрувальна станція, що подає питну воду для водопостачання м. Дніпропетровськ, Новомосковськ та ін.). Коефіцієнт водної міграції хлор-іона у р. Дніпро у 2 - 2,5 рази менший ніж для водотоків і водойм на території ПівнГЗКа і в 8 разів менший ніж у хвостосховищі. Коефіцієнт водної міграції іону натрію має таку ж закономірність. Коефіцієнт водної міграції сульфат-іона в р. Дніпро в середньому в 3 - 3,5 рази менший, ніж у водотоках на території ПівнГЗКа. Міграційні властивості сульфат-іона у хвостосховищі пригнічуються. Ця особливість підкреслює, що надходження надлишку сульфат-іона у поверхневі водотоки й водойми відбувається не безпосередньо зі ставка хвостосховища, а швидше за все, з хвостів збагачення, що накопичуються у хвостосховищі або відвалів. Коефіцієнт водної міграції іону кальцію в р. Дніпро перевищує його значення у всіх гідрохімічних об'єктах на території ПівнГЗКа, що пов'язане з особливостями стану карбонатно-кальцієвих систем в умовах розробки залізородних родовищ. Значення коефіцієнту водної міграції іону магнію в цілому співпадає по р. Дніпро й водних

об'єктах ПівнГЗКа, окрім хвостосховища у якому міграційні властивості іону магнію зменшуються.

**Висновки.** Проведений аналіз гідрохімічної ситуації та коефіцієнтів водної міграції головних іонів (макрокомпонентів) у 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. У той же час міграційні властивості іонів кальцію пригнічуються.

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.

#### Список літератури

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. - 335 с. 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 "Экология города Запорожья" (Електрон. ресурс) / Спосіб доступу: URL: <http://ekologia.3dn.ru/publ/1-1-0-40> – Загол. з екрана. 7. Перельман А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман. – М. : Высшая школа, 1966. – 387 с. 8. Булава Л.Н. Физико-географический очерк территории Криворожского горнопромышленного района / Л.Н. Булава. – Кривой Рог, 1990. - 125 с. – Деп. в УкрНИИТИ 02.11.90.

**Вплив гірничо-збагачувальної промисловості на міграційні властивості головних іонів у поверхневих водах**

**Шерстюк Н.П.**

*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. Міграційні властивості макрокомпонентів в поверхневих водах визначаються їх близькістю до хвостосховища ПівнГЗК та скидом із нього високомінералізованих вод у річку Саксагань.*

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

**Влияние горно-обогатительной промышленности на миграционные свойства главных ионов в поверхностных водах**

**Шерстюк Н.П.**

*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. Миграционные свойства макрокомпонентов в поверхностных водах определяются их близостью к хвостохранилищу СевГОК и сбросом из него высокоминерализованных вод в реку Саксагань.*

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

### **Influence of ore mining and processing industry on migratory properties of main ions in surface-water**

**Sherstyuk N.P.**

*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. Migratory properties of macrocomponents in surface-water are determined by their closeness to repository of waste water NorthMCC (North mining-concentration combine) and upcast from him higher mineralization waters in the river of Saksagan.*

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

*Надійшла до редколегії 08.11.2010*

УДК 556.56.3/4

**Осадча Н.М., Чернишова Л.О.**

*Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут, м. Київ*

### **СОРБЦІЯ ГУМУСОВИХ КИСЛОТ ЗАВИСЛИМИ РЕЧОВИНАМИ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД**

**Ключові слова:** *гумінові кислоти, фульвокислоти, зависі, сорбція, поверхневі води*

**Постановка та актуальність проблеми.** Дослідження форм знаходження гумусових речовин (ГР) у поверхневих водах басейну Дніпра показало, що значна їхня частина мігрує у складі завислих форм [16, 17], кількісний склад яких визначається надходженням еродованих частинок з поверхні водозбору, а також перебігом внутріводоймових сорбційних процесів у системі “вода – завислі речовини”.

Вивченню взаємодії ГР на межі розподілу тверда фаза – розчин у ґрунтах приділялося чимало уваги, що знайшло своє відображення у низці публікацій [15, 18]. Встановлено, що процес адсорбції відбувається за рахунок хімічної взаємодії з утворенням ковалентних, водневих та координаційних зв'язків, яка має незворотний характер і зростає із збільшенням температури, а також фізичної за типом диполь – диполь та електростатичної взаємодії. Цей тип взаємодії є зворотним і зменшується із збільшенням температури.

**Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т.4(21)**