

за двухлетний цикл позволяет сделать вывод о степени выраженности сезонной цикличности;  
- характер распределения циклов по траектории и их выраженность указывают на степень нарушения режима;

- анализ траектории полезен на этапе выбора и обоснования математической модели процесса.

#### Литература

1. Трофимов В. Т. Теория и методология экологической геологии [Текст] : учебн. / В. Т. Трофимов. – М. : МГУ. – 1997. – 368 с.
2. Mokritskaya T. P. Landslide Processes of Active Phase of under Conditions of Technogenesis with the Example of Pridneprovsk Industrial Region of Ukraine [Текст] / Т. Р. Mokritskaya, V. M. Shestopalov // Engineering Geology for Society and Territory. – 2015. – Vol. 5. – Pp. 663–665.
3. Орлов А. И. Прикладная статистика [Текст] / А. И. Орлов. – М. : "Экзамен", 2004. – 656 с.
4. Мун Ф. Хаотические колебания: Вводный курс для научных работников и инженеров: [Текст]. – М. : Мир, 1990. – 312 с.
5. Тютюнова, Ф. И. Техногенный регрессивный литогенез: [Текст] / Ф. И. Тютюнова, И. А. Сафохина, П. Ф. Швецов. – М. : Наука, 1988. – 239 с.
6. Гавич, И. К. Основы гидрогеологии [Текст] : учебн. / И. К. Гавич, В. С. Ковалевский, Л. С. Язвин под общ. ред. И. С. Зекцера. – Новосибирск : Наука, 1983. – 238 с.
7. Ампилов В. Е. Формирование и прогноз режима грунтовых вод на застраиваемых территориях [Текст] / В. Е. Ампилов. – М. : Недра, 1976. – 183 с.
8. Справочное руководство гидрогеолога: 3-е изд., переработанное и доп. Т. 2 / В. М. Максимов, В. А. Кирюхин, Б. В. Боревский и др.; под общ. ред. В. М. Максимова. – Л. : Недра, 1979. – С. 295.

УДК 556.491:622

А.Ю. Омельчук, аспирант,  
Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

### ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТА ВОДНОЇ МІГРАЦІЇ У ПІДЗЕМНИХ ВОДАХ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

У даній роботі проаналізовано зміни гідрогеохімічної ситуації підземних вод Західного Донбасу, на прикладі території, прилеглої до ставка-накопичувача скидних шахтних вод «Свідок». Виконано оцінку міграційних властивостей хімічних елементів у підземних водах з використанням коефіцієнта водної міграції.

**Ключові слова:** коефіцієнт водної міграції, техногенез, ставок-накопичувач.

**А.Ю. Омельчук. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ВОДНОЙ МИГРАЦИИ В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА.** В данной работе проанализированы изменения гидрогеохимической ситуации подземных вод Западного Донбасса, на примере территории, прилегающей к пруду-накопителю сбросных шахтных вод «Свидок». Выполнено оценку миграционных свойств химических элементов в подземных водах Западного Донбасса с использованием коэффициента водной миграции.

**Ключевые слова:** коэффициент водной миграции, техногенез, пруд-накопитель.

**Постановка проблеми.** В даний час практично на всій території України сформувалися або формуються в зоні техногенезу природно-техногенні і техногенні водоносні горизонти. Цей процес найчастіше є результатом інфільтрації стічних вод, що найбільш типово для промислових зон та міських агломерацій, районів розвитку гірничовидобувної промисловості. Тут відбуваються найбільш глибокі перетворення хімічного складу підземних вод, зростання мінералізації, що супроводжується змінами їх хімічних типів. У зоні техногенезу формуються водоносні горизонти з аномальним хімічним складом або їх хімічний склад зазнав значних змін. Таке явище призводить до порушення природної гідрохімічної зональності, що виражається у формуванні солонуватих, соло-

них ґрунтових вод сульфатного і хлоридного типів [1].

Повна техногенна метаморфізація підземних вод у промислово розвинених регіонах протікає головним чином у напрямку заміщення гірокарбонат-іонів сульфат-і (або) хлорид-іонами, що в свою чергу ставить гостре питання можливості використання підземних вод.

Міграційні властивості хімічних елементів у підземних водах залежать від багатьох чинників: хімічного складу підземних вод, кислотно-лужних та окисно-відновних умов, процесів комплексно-утворення та ін. Оскільки врахування усіх умов практично неможливо, то оцінка міграційних властивостей хімічних елементів у підземних водах може бути виконана з використанням коефіцієнта водної міграції.

**Мета роботи** полягала у оцінці міграційних властивостей хімічних елементів у підземних водах на території, прилеглої до ставка-накопичувача «Свідовок».

**Аналіз попередніх досліджень та публікацій.** Сукупність геохімічних та мінералогічних процесів, які викликаються діяльністю людини, академік А.Е. Ферсман назвав техногенезом [8]. В останнє десятиліття у рамках техногенезу активно розвивається ряд нових наукових напрямків, у тому числі і гідрогеохімія техногенезу. Задачею їх є вивчення поведінки хімічних елементів під впливом техногенних факторів, у різноманітних фізико-хімічних умовах гідролітосфери. Процеси міграції елементів, підкреслював А.Е. Ферсман, повинні розглядатися, як найважливіші явища природи, що визначають все різноманіття геохімічних реакцій

Американський вчений Сміт в 1917 р розробив метод кількісної оцінки інтенсивності водної міграції елементів, зіставивши середній склад річкових вод зі складом гірських порід. Таким шляхом була встановлена послідовність виносу окремих елементів при вивітрюванні [5]. Далі Б.Б. Полинов вивів широко відомі ряди міграції хімічних елементів у корі вивітрювання, які дозволили вченому розробити геохімію кори вивітрювання і геохімію ландшафтів. Розвиваючи ці ідеї, О.І. Перельман для характеристики інтенсивності водної міграції елементів запропонував коефіцієнт водної міграції ( $K_x$ ), рівний відношенню змісту елемента  $x$  у мінеральному залишку води до його вмісту в гірських породах або ґрунтах. Шварцев С.Л. [6] пропонує оцінювати інтенсивність міграції хімічних елементів в природних водах за допомогою коефіцієнта геохімічної рухливості ( $K_p$ ), який дорівнює відношенню вмісту елемента у розчині до його вмісту в продуктах, утворених в результаті руйнування водою первинних порід.

У даний час при збільшеній увазі до проблем техногенезу, багато питань залишаються нерозв'язаними. Важливі, зокрема, для Західного Донбасу питання гідрогеохімічної міграції у підземних водах, що обумовлено комплексним впливом природних та техногенних факторів.

Коефіцієнт водної міграції, як показник міграційної здатності елемента ніколи раніше не був розрахований для підземних вод території, прилеглої до ставка-накопичувача «Свідовок».

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження виконані для території, прилеглої до ставка-накопичувача «Свідовок» у Західному Донбасі, де ведуться багаторічні спостереження (з 1984 р.) за хімічним складом підземних і поверхневих вод Павлоградською геолого-розвідувальною експедицією.

Ставок-накопичувач «Свідовок» введений в експлуатацію у 1983 році. Він розташований в 7,5 км від північно-східної шахти «Павлоградська», на полі шахти «Західно-Донбаська». Довжина ставка – 1 000 м, ширина – 600 м, глибина – 8,8 м. Дно балки до 8,5 м представлено щільними жовто-сірими суглинками, а від 8,5 м до 20 м – дрібнозернистим глинистим світло-сірим піском (рис. 1).

У геологічній будові беруть участь породи палеогенового, неогенового та четвертинного віку. Палеогенова система (р) складена дрібнозернистими глауконітовими пісками потужністю до 15 м, піски і алевроліти берекської світи загальною потужністю до 25 м. Відклади неогенової системи (новопетрівська світа –  $N_{1np}$ ) розповсюджені у межах вододільного плато, його схилів. Вони представлені тонкозернистими кварцевими пісками і щільними глинами, загальною потужністю 30м. Відклади четвертинної системи (Q) присутні повсюдно. На вододільних ділянках вони представлені суглинками і глинами [3].

Розглядалися водоносні горизонти неогенових та палеогенових відкладів, для яких були визначені коефіцієнти водної міграції елементів і проаналізована відповідність їх рядам міграції, а також ступені розподілу їх за рухливістю.

З початку експлуатації у ставок-накопичувач скидалися високомінералізовані шахтні води шахт Героїв Космосу, Благодатна та Тернівська. На даний час до нього потрапляють шахтні води з усіх шахт центральної групи: Героїв Космосу, Тернівської, Благодатної, Західно-Донбаської і Павлоградської та йде перекачка із ставка-накопичувача «Таранова». З початку експлуатації у ставка-накопичувач з вищевказаних шахт надійшло 95,7 млн.м<sup>3</sup> шахтних вод. При перепоповненні ставка-накопичувача відбувається скидання води до р. Самара. Витрати р. Самара нижче б. Свідовок у період межені перевищують середньобагаторічні значення. Дно й укоси ставка мають колоїдно-хімічний екран, який розташовано на суглинках потужністю 8 м. За даними режимних спостережень захисний екран неефективний, відзначається постійне збільшення рівня підземних вод, яке залежить від фільтраційних втрат з накопичувача й кількості води, що до нього потрапляє.

Розрахункова формула коефіцієнта водної міграції за О.І. Перельманом має вигляд:

$$K_x = \frac{m_x \cdot 100}{a \cdot n_x} \quad (1)$$

де  $m_x$  - вміст елемента X у воді, мг/дм<sup>3</sup>;  $n_x$  - вміст того ж елемента в породах, відсотки;  $a$  - сухий залишок, мг/дм<sup>3</sup>.

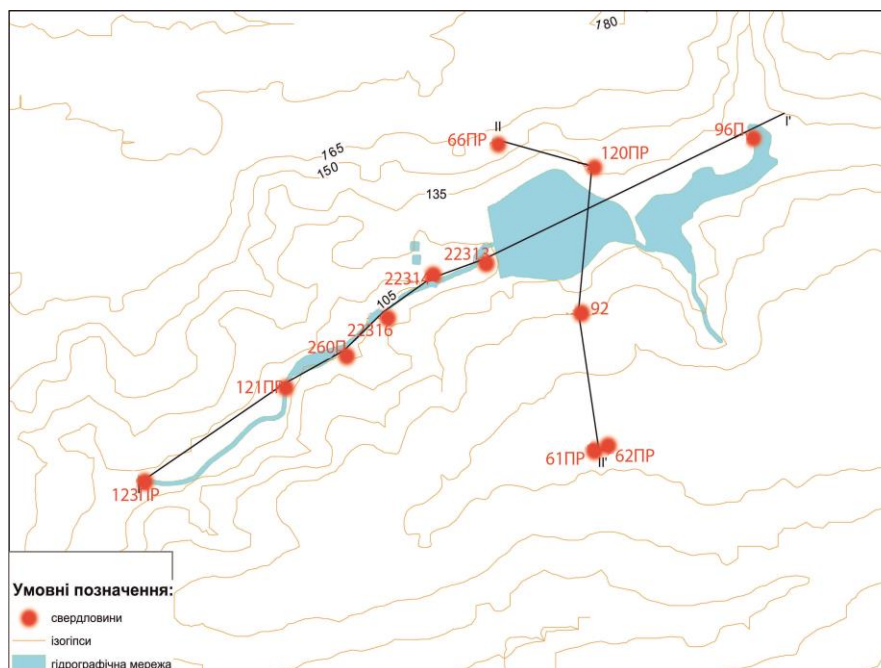


Рис. 1. Карта-схема розташування ставка-накопичувача «Свідовок».

Таблиця 1

Ряди міграції елементів в окисних умовах зони гіпергенезу (А.І. Перельман, С.Л. Шварцев)

Інтенсивність міграції	100	10	1	0,1	0,01
Дуже сильна	S, Cl, B, Br, J				
Сильна		Ca, Na, Mg, F, Sr, Zn, U, Mo, Se			
Середня			Si, K, Mn, P, Ba, Rb, Ni, Cu, Li, Co, Cs, As, Tl, Ra		
Слабка та дуже слабка					Al, Fe, Ti, Zr, Y, Nb, Th, Be, Ta, Sn, Hf, Pd, Ru, Rh, Os, Ot

Чим вище  $K_x$ , тим інтенсивніше елемент виводиться з порід, тим інтенсивніше його водна міграція в розчині. Даний коефіцієнт дозволяє порівнювати між собою інтенсивність міграції хімічних елементів, що мають різні кларки.

У зв'язку з цим С.Л. Шварцев для оцінки інтенсивності міграції хімічних елементів в природних водах запропонував використовувати коефіцієнт геохімічної рухливості. Ця величина відображає здатність хімічних елементів концентруватися у розчині відносно його солонуватості, з'єднаного з вторинними продуктами.

Для досліджуваної території розраховано коефіцієнт водної міграції ( $K_x$ ) для хлору, сірки, натрію, кальцію і магнію. Виявлені відміни від рядів міграції в окисних умовах зони гіпергенезу

за класифікацією Перельмана О.І. та Шварцева С.Л.

Результати аналізів значень коефіцієнтів водної міграції підземних вод для досліджуваної ділянки представлені у таблиці 2.

Середні значення коефіцієнта водної міграції для хімічних елементів були розраховані з урахуванням закону розподілу, що дозволило підвищити достовірність одержуваної гідрогеохімічної інформації.

На досліджуваній території виділено наступні ділянки у підземних водах де інтенсивність водної міграції: I – співпадає з рядами міграції; II – не співпадає.

Підземні води зі свердловин (121 ПР, 260 ПР), які розташовані по лінії скиду шахтних вод до річкової долини, мають не типовий коефіцієнт водної міграції для вмісту у підземних

Значення коефіцієнтів водної міграції підземних вод (2005-2012 рр.)

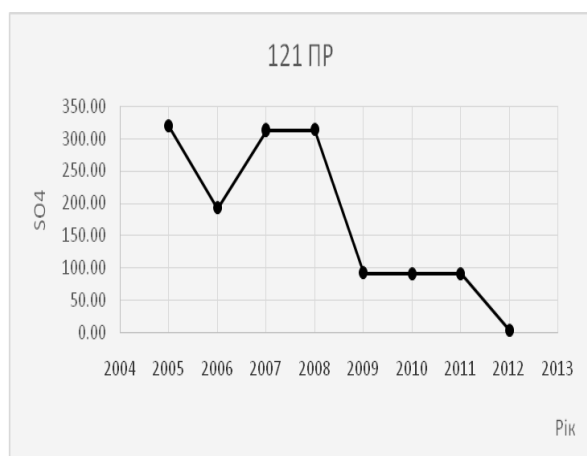
Свердловини, індекс водон. горизонту	Коефіцієнт водної міграції				
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>
61 ПР, р (II)	<b>42,57</b> ..129,13 85,85	<b>529,01</b> ..3033,92 1781,46	<b>0,48</b> ..1,82 1,15	<b>1,24</b> ..3,32 2,28	<b>9,99</b> ..12,13 11,06
62 ПР, N <sub>1np</sub> (II)	<b>25,13</b> ..356,37 190,75	<b>208,32</b> ..2291,04 1249,68	<b>0,04</b> ..6,3 3,17	<b>0,4</b> ..23,24 11,82	<b>2,43</b> ..13,58 8,05
260 ПР, р (II)	<b>219,79</b> ..340,09 279,94	<b>512,42</b> ..1195,43 853,92	<b>0,4</b> ..3,3 1,85	<b>0,45</b> ..4,46 2,45	<b>4,18</b> ..10,03 7,105
121 ПР, р (II)	<b>2,7</b> ..318,46 160,58	<b>18,43</b> ..1104,65 561,54	<b>0,1</b> ..7,5 3,8	<b>0,09</b> ..2,6 1,34	<b>5,48</b> ..17,97 11,72
123 ПР, р (I)	<b>187,31</b> ..261,59 224,45	<b>506,00</b> ..1178,54 842,27	<b>2,23</b> ..10,3 6,27	<b>2,95</b> ..7,8 5,37	<b>1,74</b> ..9,24 5,49

\*Примітка: у чисельнику – значення коефіцієнта водної міграції елемента у підземних водах від мінімального до максимального; у займеннику – середнє значення коефіцієнта водної міграції елемента; жирним шрифтом виділені значення коефіцієнта, які відхиляються від нормальних за рядами міграції.

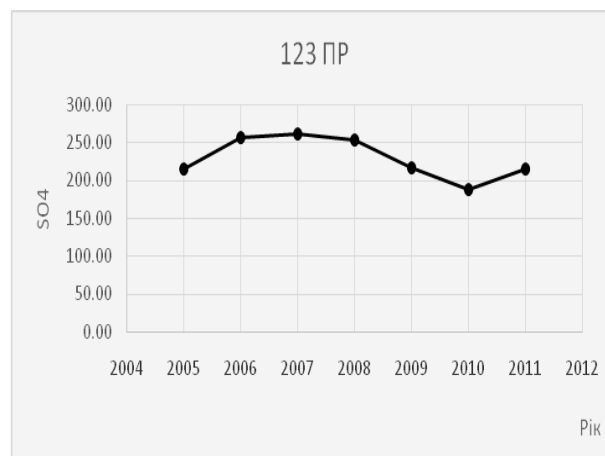
водах хлоридного іону (18,43-1104,65), сульфатного іону (2,8-340,09), іону магнію (0,09-8,01) (табл. 2). У підземних водах свердловин 61ПР (р) та 62ПР (N<sub>1np</sub>), які розташовані на невеликій відстані одна від одною та пробурені на різні водоносні горизонти, коефіцієнти водної міграції також є не типові. Міграційні властивості іонів кальцію та магнію зменшуються при збільшенні коефіцієнту водної міграції іону натрію. Ці зміни обумовлені впливом на підземні води фільтраційних втрат від ставка-

напопичувача «Свідовок» та є ознакою перебігу певних фізико-хімічних процесів у підземних водах. Лише в підземних водах свердловини 123ПР коефіцієнт водної міграції відповідає рядам міграції.

Закономірності зміни коефіцієнта водної міграції хімічних елементів у підземних водах були досліджені у часі на прикладі зміни сульфатного та хлоридного іонів у підземних водах двох свердловин, які розташовані по лінії скиду (рис. 2, 3). Відстань між ними складає 2800 м.



а)



б)

Рис. 2. Зміни коефіцієнта водної міграції сульфат-іону у підземних водах у свердловинах 121 ПР та 123 ПР

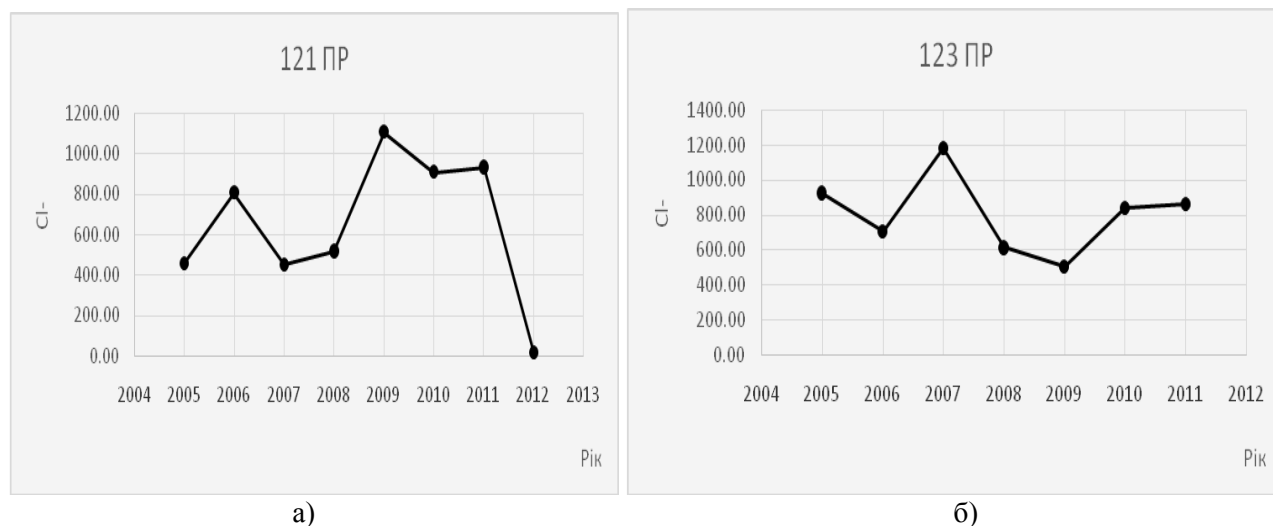


Рис. 3. Зміни коефіцієнта водної міграції хлоридного іону у підземних водах у свердловинах 121 ПР та 123 ПР

Підземні води у свердловинах, де коефіцієнт водної міграції хімічних елементів у підземних водах не співпадає з рядами міграції елементів в окисних умовах зони гіпергенезу, розташовані по лінії скиду шахтних вод до річкової мережі (рис. 1). Значні та нетипові його зміни є наслідком техногенного впливу. Фільтраційні втрати від ставка-накопичувача не доходять до останньої свердловини по лінії (123 ПР).

**Висновок.** Отже, можна зробити висновок, що зміни міграційних властивостей хімічних елементів у підземних водах тісно обумовлені наявністю та експлуатацією техногенного об'єкту («Свідовок»).

Подальші дослідження по цій проблемі будуть направлені на вивчення міграційних процесів у підземних водах Західного Донбасу.

#### Література

1. Тютюнова, Ф. И. *Гидрохимия техногенеза [Текст]* / Ф. И. Тютюнова. – М. : Наука, 1987. – 335 с.
2. Перельман, А. И. *Геохимия ландшафта [Текст]* / А. И. Перельман. – М. : Высшая школа, 1966. – 387 с.
3. Евграшкіна, Г. П. *Влияние горнодобывающей промышленности на гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия территорий: монография* / Г. П. Евграшкіна. – Д. : Изд-во Монолит, 2003. – 200 с.
4. *Оценка нарушенности режима грунтовых вод методом спектрального анализа (на примере района Северного ГОКа) [Текст]* // Н. П. Шерстюк, И. А. Власова // *Матеріали наук.-практ. конф. 17-21 вересня, Київ, 2001.* – С. 68-70.
5. Шерстюк, Н. П. *Особенности гидрохимических процессов у техногенных та природных водных об'єктах Кривбасу [Монографія]* / Н. П. Шерстюк, В. К. Хільчевський. – Д., 2012. – 263 с. – Библиогр. : с. 256–267.
6. Шварцев, С. Л. *Гидрогеохимия зоны гипергенеза [Текст]* / С. Л. Шварцев. – М. : Недра, 1998. – 366 с.
7. *Распространенность химических элементов в донных отложениях Томь-Яйского междуречья [Текст]* / Е. А. Солдатова // *Матеріали молодёжной конференции.* – Абакан : ХГУ им. Н.Ф. Катанова, 2011. – 166 с.
8. Ферсман, А. С. *Геохимия [Текст]. Том 3/ Учеб, пособие* / А. С. Ферсман. – Л., 1937. – 503 с.