

УДК 54.2.66.061.3

ОЦІНКА ВПЛИВУ СОЛЕВІДВАЛІВ ТА ХВОСТОСХОВИЩ КАЛУШ-ГОЛИНСЬКОГО РОДОВИЩА КАЛІЙНИХ СОЛЕЙ НА ГЕОХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РІЧКОВИХ ВОД

І. Кицмур, В. Дяків

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
геологічний факультет, кафедра екологічної та інженерної геології і гідрогеології,
вулиця Грушевського, 4, 79005, Львів, Україна,
e-mail: kytsmur89@gmail.com, dyakivw@yahoo.com*

Зона впливу Калуш-Голинського родовища калійних солей, зокрема м. Калуш, села Кропивник та Сівка-Калуська, у 2010 р. оголошена зоною екологічного лиха. Однією з актуальних проблем цієї території є розмив атмосферними опадами солевмісних відвалів, переповнення хвостосховищ та поширення ореолів засолення підземних та поверхневих вод, а також небезпека різкого погіршення якості води в міському водозаборі. Для оцінки реального стану річкових вод досліджуваної території у межений період проведено їх детальне геохімічне випробування від джерел забруднення до периферійних ділянок. Визначено два механізми демінералізації річкових вод – гравітаційна інфільтрація вод з мінералізацією понад 5,0–10,0 г/дм³ у підруслівий стік та розведення вод з віддаленням від джерел забруднення завдяки зростанню водності руслового потоку.

Ключові слова: Калуш-Голинське родовище калійних солей, солевідвали, хвостосховища, засолені інфільтрати, річки Сівка, Млинівка, Кропивник, підруслівий стік, геохімія річкових вод, демінералізація, розведення.

Місто Калуш і два населені пункти Калуського р-ну – с. Сівка-Калуська та с. Кропивник у Івано-Франківській обл. 2010 р. Указом Президента України визнано зоною надзвичайної екологічної ситуації. Відповідно до цього передбачено вирішення проблем, що залишились у спадок від тривалої розробки Калуш-Голинського калійного родовища та накопичення відходів виробництва. До таких проблем належать самозатоплення Домбровського соляного кар'єру, розмив атмосферними опадами солевмісних відвалів, переповнення хвостосховища № 2, поширення ореолів засолення вод четвертинного водоносного горизонту та небезпека різкого погіршення якості води в міському водозаборі, розвиток соляного карсту та просідання територій над виробленим простором шахт з деформацією чи руйнуванням інженерних споруд і житлових будівель та ін. [6, 8].

У цьому переліку проблема погіршення якості підземних та поверхневих вод унаслідок надходження засолених інфільтратів із солевмісних відвалів та хвостосховищ є однією з найважливіших. З огляду на це оцінити реальний екологічний стан можна на підставі комплексних геохімічних досліджень річкового стоку із зони впливу Калуш-

Голинського родовища. Для цього випробувано головні водотоки та проаналізовано зміни їхнього хімічного складу. Особливо актуальні в сучасних геоекологічних умовах комплексні дослідження, спрямовані на з'ясування причинно-наслідкових зв'язків між природними та техногенними чинниками геохімічних параметрів поверхневих і підземних вод.

Наша мета полягала у визначенні поширеності геохімічних ореолів засолення річкових вод від джерел надходження забруднювальних речовин – солевідвалів та хвостосховищ – до ділянок їхньої демінералізації та розведення. Завдання досліджень полягали у гідрогеохімічному випробуванні річок Сівка, Кропивник, Фронилів, Млинівка в зоні впливу солевідвалів та хвостосховищ з кроком 0,5–1,5 км, геохімічному аналізі розподілу загальної мінералізації та основних компонентів у річкових водах, з'ясуванні закономірностей надходження засолених інфільтратів у річкову мережу, їхньої гравітаційної диференціації в ламінарному річковому потоці, інфільтрації у підруслувий стік та четвертинний водоносний горизонт, розведення прісними ґрунтовими водами за контуром впливу джерел забруднення.

Калуш-Голинське родовище калійних солей розташоване у фронтальній північно-східній частині насуву відкладів Внутрішньої зони (Самбірської підзони) Передкарпатського прогину на його Зовнішню зону [7]. На стратиграфічне положення та вік галогенних відкладів цього родовища нема єдиного погляду – їх зачисляють до верхньостебницької [5], нижньобалицької [4], тираської та частини косівської [1] світ і, відповідно, до карпатію чи баденію. Для Калуш-Голинського родовища у геологічному розрізі характерне моноклінальне залягання соленосних товщ, ускладнених насувною та розломною тектонікою, що призводить до розділення моласових відкладів на низку блоків, повторення розрізу та багаторазового повторення лінзоподібних калійних покладів у соленосній товщі [7].

Каїніт-лангбейнітові калійні руди з високим вмістом галіту та глинистих мінералів видобували трьома шахтами та Домбровським кар'єром [6]. Видобуток калійних руд супроводжувався складуванням пустих порід з вмістом легкорозчинних солей до 70 % у двох солевідвалах на східному борті Домбровського кар'єру. У процесі збагачення калійних руд утворювалися значні об'єми солевмісних відходів – так званих хвостів, які складували у хвостосховищах та шламонакопичувачі (рис. 1). Атмосферні опади, що випадали на поверхню соляно-глинистих відкладів солевідвалів і хвостосховищ, вилуговували легкорозчинні мінерали, проникали углиб насипів і намивів, розвантажувалися на ділянках, які в осінньо-зимовий період маркувались мірабіліт-тенардитовими агрегатами та стікали у підземні та річкові води [2] (рис. 2, 3).

Згідно з технологічною схемою розробки Домбровського кар'єру, розкриті породи складували у двох зовнішніх породних солевідвалах: № 1 і № 4. На зовнішньому солевідвалі № 1 площею 48 га і висотою 55 м закладовано 11,3 млн м³ розкритих порід (див. рис. 1). Відвал відсипаний без гідроізолювальної основи безпосередньо на четвертинні відклади з високим коефіцієнтом фільтрації на рівні понад 10,0 м/добу, нижче від яких залягає водотривка товща гіпсоглинистої шапки. Із західного боку відвал № 1 примикає до кільцевої дренажної траншеї Домбровського кар'єру. Незахищеність схилів цього відвалу провокує активні процеси приповерхневого карстоутворення та глибоко врізаної ерозії, що супроводжуються формуванням провалів. Значна частина поверхні відвалу № 1 і надалі не рекультивована. Як дослідили В. Дяків та Х. Цар, навіть за умови непроведення рекультиваційних робіт з часом об'єми засолених інфільтратів



Рис. 2. Модель формування засолених інфільтратів та забруднення ними підземних і річкових вод.



Рис. 3. Мірабіліт-тенардитові агрегати (білого кольору) на дамбі хвостосховища № 1, які маркують витoki розсолів у річкові води та четвертинний водоносний горизонт.

Інші техногенні об'єкти – хвостосховища № 2 та № 3, шламонакопичувач та акумулювальні басейни – є менш потужними джерелами надходженнями засолених інфільтратів, однак їхній потенціал не можна не враховувати в ході вивчення динаміки засолення підземних та поверхневих вод. Я. Семчук на підставі гідрогеологічних спостережень виділив сім головних ореолів засолення ґрунтових вод (рис. 4) [9, 10].



Рис. 4. Ореоли засолення підземних вод у зоні впливу Калуш-Голінського родовища (позначені цифрами).

Ореол 1 приурочений до витоків засолених інфільтратів з південно-східної дамби хвостосховища № 1, витягнутий у напрямі руху ґрунтових вод із розвантаженням у Домбровський кар'єр. Довжина його досягає 1 700 м, ширина – 200–250 м (див. рис. 4). Ореол 2 закартований на північно-західній околиці м. Калуш і утворений унаслідок впливу витоків з північної частини хвостосховища №1 із незначним підживленням від хвостосховища № 2. Зона підвищеної мінералізації ґрунтових вод закартована на північ та північний схід від хвостосховища. Ширина зони – 400–500 м, довжина – 1 600–1 800 м (див. рис. 4). Ореол 3 довжиною 1 500 м і шириною 180–200 м, виявлений на схід від солевідвалів з рухом у напрямі р. Млинівка (див. рис. 4). Ореол 4 приурочений до солевідвалу 1 та рухається у північно-східному напрямі. Ширина ореолу – 150–220 м, довжина – майже 2 км (див. рис. 4). Ореол 5 приурочений до одиначної мульди стоку засолених інфільтратів, розташований на схід від хвостосховища у с. Кропивник, розміром 400 × 150 м. Ореол 6 зумовлений витісненням ропи через стовбур затопленої шахти

“Калуш” у разі карстових провалів та розвантаження у четвертинний водоносний горизонт і старе русло р. Сівка. Розмір ореолу $6 - 200 \times 70$ м. Ореол 7 приурочений до одиначної мульди стоку засолених інфільтратів, який розташований на південь від солевідвалу 4 розміром 140×50 м (див. рис. 4).

Основними річковими дренами Калуського промислового вузла є річки Лімниця та Сівка – праві допливи р. Дністер, а також допливи третього та нижчих порядків: річки Млинівка, Болохівка, Кропивник, Фрунілів, Сапогів. Річка Млинівка протікає в межах першої та другої надзаплавних терас, а інші головню у межах третьої та четвертої надзаплавних терас р. Лімниця, які живляться атмосферними опадами і водами четвертинного водоносного горизонту. Середньорічна кількість опадів, за даними багаторічних метеорологічних спостережень, становить 728 мм, випаровування з поверхні ґрунту – 650 мм. Водночас водність допливів р. Лімниця та р. Сівка, які починаються в межах Передкарпатської передгірної височини, залежить передусім від кліматичних умов: у паводкові періоди інтенсивних опадів затоплені широкі низинні ділянки, а в посушливий час річки міліють і перетворюються у струмки.

Для гідрохімічного складу вод річок Лімниця, Млинівка і Кропивник вище за течією від зони впливу Калуш-Голинського родовища характерні низькі значення основних іонів, г/дм^3 : $\text{Na}^+ - 0,02-0,1$; $\text{K}^+ - 0,007-0,009$; $\text{Ca}^{2+} - 0,02-0,03$; $\text{Mg}^{2+} - 0,01-0,02$; $\text{HCO}_3^- - 0,09-0,2$; $\text{Cl}^- - 0,01-0,1$; $\text{SO}_4^{2-} - 0,08-0,09$. Вода р. Сівка у верхів'ї має підвищену мінералізацію (до $6,0 \text{ г/дм}^3$), якою вона збагачується з природних соляних джерел, які здавна використовували для випарювання солі у м. Долина. Однак у районі Калуша, с. Сівка-Калуська хімічний склад вод р. Сівка завдяки розведенню водами численних допливів на відстані понад 30 км близький до природного геохімічного фону річкових вод, хоча з дещо підвищеною мінералізацією.

На підставі наведених даних ми провели гідрогеохімічне випробування річок Сівка, Кропивник, Фрунілів, Млинівка в зоні впливу солевідвалів та хвостосховищ Калуш-Голинського родовища з кроком $0,5-1,5$ км. Проби відбирали в час тривалої сухої та жаркої погоди понад п'ять тижнів у межений період 10 серпня 2013 р., коли атмосферні опади практично не надходили в річкові води (рис. 5).

Відібрані проби річкових вод аналізували за стандартними методиками титриметричного, гравіметричного, полум'яно-фотометричного методів. Результати аналізів наведено в таблиці.

Як бачимо з результатів хімічного аналізу річкових вод, р. Кропивник та старе русло р. Сівка є основними дренами засолених інфільтратів у поверхневий стік. Водночас у р. Фрунілів виявлено дві проби (10 та 11) з перевищеннями ГДК з мінералізації. Натомість у пробі 12 мінералізація до $1,0 \text{ г/дм}^3$. Крім того, у пробах, відібраних з р. Млинівка, не виявлено перевищень ГДК з мінералізації. Це свідчить про те, що у напрямі до русла р. Лімниця засолені інфільтрати не доходять, оскільки їх перехоплює підрусловий стік р. Млинівка. Ознакою цього є підвищена мінералізація ($0,57 \text{ г/дм}^3$) та підвищений вміст хлоридів ($0,136 \text{ г/дм}^3$) порівняно з фоновими значеннями, відповідно, $0,4$ та $0,09 \text{ г/дм}^3$. Хоча такі значення можуть бути наслідком техногенного забруднення р. Млинівки від надходження побутових стічних вод.

За результатами гідрогеохімічного аналізу, просторового розташування місць відбору та значеннями хімічного аналізу за мінералізацією побудовано геохімічну карту забрудненості річкових вод у зоні впливу солевідвалів та хвостосховищ Калуш-Голинського родовища (див. рис. 5).

Хімічні аналізи річкових вод у зоні впливу солевідвалів і хвостосховищ
Калуш-Голинського родовища

Номер проб	Концентрація компонентів, г/дм ³							Загальна мінералізація, г/дм ³
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	
1	0,032	0,005	0,065	0,004	0,107	0,051	0,104	0,37
2	0,048	0,019	0,212	0,019	0,232	0,192	0,097	0,82
3	1,603	1,069	6,2	1,625	10,714	4,251	0,158	25,62
4	0,751	1,609	12,847	2,1	15,179	12,949	0,146	45,58
5	0,901	2,265	6,753	1,9	14,286	4,286	0,146	30,54
6	1,503	1,47	9,25	1,625	13,393	9,567	0,126	36,93
7	0,14	0,216	0,875	0,21	1,298	0,957	0,122	3,82
8	0,112	0,316	0,417	0,125	1,375	0,48	0,117	2,94
9	0,044	0,004	0,108	0,003	0,071	0,134	0,122	0,48
10	0,085,1	0,013	0,416	0,035	0,696	0,285	0,102	1,63
11	0,137	0,005	0,185	0,015	0,117	0,125	0,475	1,06
12	0,096	0,044	0,169	0,043	0,321	0,196	0,117	0,99
13	–	10,440	86,596	58,564	132,15	37,584	–	325,33
14	9,52	2,37	74,0	16,5	117,86	19,542	–	239,79
15	0,281	0,107	1,52	0,465	3,125	1,007	0,144	6,65
16	0,13	0,03	0,84	0,265	1,786	0,276	0,134	3,46
17	0,122	0,077	0,79	0,24	1,875	0,461	0,144	3,71
18	0,112	0,081	0,75	0,22	1,652	0,358	0,139	3,31
19	0,127	0,014	0,725	0,163	0,954	0,475	0,151	2,60
20	0,09	0,037	0,345	0,093	0,471	0,316	0,159	1,51
21	0,047	0,004	0,087	0,009	0,097	0,069	0,117	0,43
22	0,048	0,002	0,065	0,014	0,09	0,058	0,12	0,39
23	0,048	0,011	0,125	0,015	0,136	0,076	0,159	0,57

З рис. 5 бачимо, що головні джерела забруднення річкових вод приурочені до солевідвалу 1 та хвостосховища № 1. Дослідження засвідчили, що з віддаленням від цих джерел рівень мінералізації зменшується, тобто яка б не була мінералізація, без короткочасних значних викидів та усталеного зростання водності за 12–15 км від місця надходження засолених інфільтратів сума солей у річкових водах не перевищує 1,0 г/дм³, тобто значень ГДК для питних вод із загальної мінералізації. Про це чітко свідчать графіки змін мінералізації вод р. Кропивник та старого русла р. Сівка (рис. 6).

Дослідження динаміки змін загальної мінералізації річкових вод виявили ефект швидкої демінералізації високомінералізованих річкових вод, які потрапляють у русло річки із ламінарною течією. Пояснюють цей ефект гравітаційною диференціацією різних за густиною вод у руслі річки: засолених інфільтратів та змішаних з ними здренованих ґрунтових вод значно меншої мінералізації. Найважча ропа у старому руслі р. Сівка за мінералізації 325,0 г (проба 13) має густину 1,22 кг/дм³, тоді як змішані з нею здреновані ґрунтові води – до 1,16 кг/дм³ за мінералізації 240,0 г/дм³ (проба 14). Ще більша різниця в густині річкових вод простежена між пробами 14 та 15 –

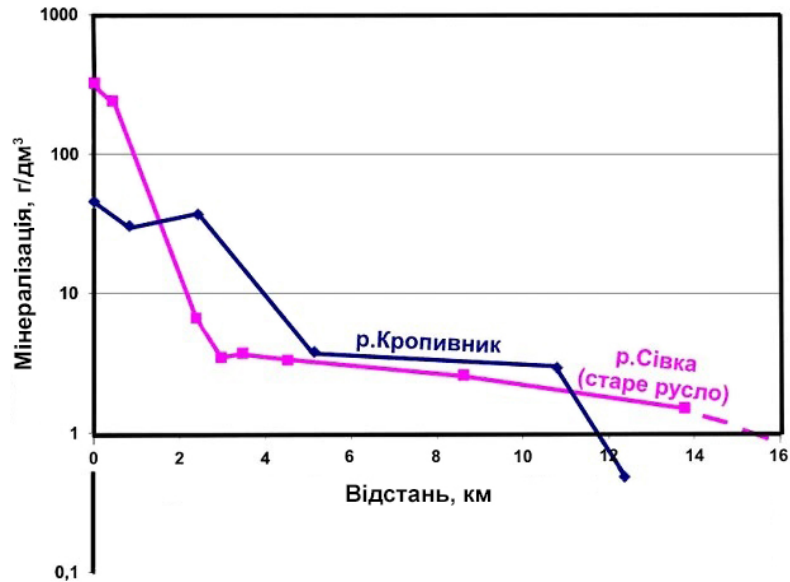


Рис. 6. Графік зміни загальної мінералізації вод р. Кропивник і р. Сівка залежно від відстані джерела їхнього забруднення.

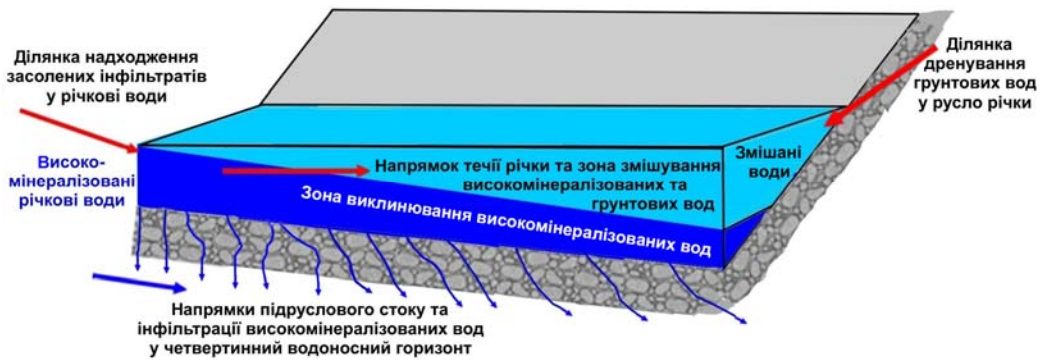


Рис. 7. Принципова схема ефекту швидкої демінералізації високомінералізованих річкових вод за умов їхньої ламінарної течії, підруслового стоку, інфільтрації у четвертинний водоносний горизонт та зростання надходження здренованих низькомінералізованих ґрунтових вод.

- Річка Кропивник та старе русло р. Сівка є головними дренами засолених інфільтратів у зоні впливу Калуш-Голинського родовища. Найбільша мінералізація річкових вод притаманна старому руслу р. Сівка біля солевідвалу 1 (325,0 г/дм³). Максимальні значення мінералізації річкових вод р. Кропивник – 45,5 г/дм³.

3. Зростання мінералізації вод у р. Млинівка та підвищення вмісту хлоридів у них є чіткими геохімічними критеріями негативного впливу засолених інфільтратів на водозабір м. Калуш на березі р. Лімниця. Проте зафіксована нами низька мінералізація вод р. Млинівка свідчить про те, що ореол засолення сьогодні не просувається у напрямі до водозабору.
4. В умовах ламінарного руслового потоку під час дренування руслом річки ґрунтових вод відбувається гравітаційна диференціація вод – високомінералізовані води займають нижню частину потоку та інтенсивно інфільтруються у підруслівий стік, а звідти у четвертинний водоносний горизонт, тоді як менш мінералізовані води займають верхню частину потоку, унаслідок чого відбувається швидка демінералізація річкових вод з 325,0 до 5,0 г/дм³ на відстані до 2–4 км.
5. В умовах надходження чистих річкових та ґрунтових вод відбувається активне розведення річкових вод до граничнодопустимих концентрацій на відстані до 12–15 км.
6. Визначено два механізми демінералізації річкових вод – гравітаційна інфільтрація вод з мінералізацією понад 5,0–10,0 г/дм³ у підруслівий стік та розведення вод з віддаленням від джерел забруднень унаслідок зростання водності руслового потоку.
7. Виконані дослідження засвідчили, що в умовах нерекультивованості солевідвалів і хвостосховищ ореоли засолення річкових та підземних вод мають тенденцію до подальшого зростання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Джиноридзе Н. М. Закономерности размещения и критерии поисков калийных солей СССР / Н. М. Джиноридзе, С. Д. Гемп, А. Ф. Горбов, В. И. Раевский. – Тбилиси : Мецниереба, 1980. – С. 373.
2. Дяків В. Модель вилуговування, закарстовування та самоізоляції легкорозчинних солей з приповерхневих соляно-глинистих відкладів хвостосховищ і солевідвалів калійних родовищ Передкарпаття / В. Дяків, Х. Цар // Мінерал. зб. – 2010. – № 60, вип. 2. – С. 136–147.
3. Кицмур І. І. Геохімічні умови формування карстових озер та засолених інфільтратів хвостосховища № 1 (м. Калуш, Івано-Франківська область) / І. І. Кицмур, В. О. Дяків // Зб. наук. праць, присв. 130-річчю від дня народження академіка О. Є. Ферсмана. – К., 2013. – С. 316–323.
4. Климов М. А. Перспективы калиеносности отложений Калушской галогенной формации во Внутренней зоне Предкарпатского прогиба / М. А. Климов // Геология и геохимия соленосных формаций Украины. – Киев, 1977. – С. 14–22.
5. Корневский С. М. Миоценовые галогенные формации предгорий Карпат / С. М. Корневский, В. М. Захарова, В. А. Шамахов. – Л., 1977. – С. 246.
6. Крижанівський Є. І. Техногенна ситуація в районі Калуського промислового вузла / Є. І. Крижанівський, Е. Д. Кузьменко, М. В. Палійчук, Б. Т. Бараненко // Наук. вісн. Івано-Франк. техн. ун-ту нафти та газу. – 2008. – № 2. – С. 3–9.
7. Олійович О. Глини галогенних відкладів і кори звітрювання Калуш-Голинського родовища калійних солей (міоцен, Передкарпаття) / О. Олійович, Я. Яремчук, С. Гринів // Мінерал. зб. – 2004. – № 54, вип. 2. – С. 214–223.

8. Рудько Г. І. Техногенно-екологічна безпека солевидобувних гірничопромислових комплексів Передкарпаття / Г. І. Рудько, Л. Є. Шкіца // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2001. – № 5–6. – С. 68–71.
9. Семчук Я. М. Исследование влияния природных и техногенных факторов на формирование химического состава грунтовых вод Калуш-Гольинского месторождения калийных солей / Я. М. Семчук // Эвапориты Украины : сб. науч. тр. АН УССР, Ин-т геологии и геохимии горючих ископаемых. – Киев : Наук. думка, 1985. – С. 143–151.
10. Семчук Я. М. Наукові та методичні основи охорони геологічного середовища в районах розробки калійних родовищ (на прикладі Передкарпаття) / Я. М. Семчук : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук. – Івано-Франк. техн. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ, 1995. – С. 46.

Стаття: надійшла до редакції 30.10.2013

доопрацьована 02.10.2013

прийнята до друку 04.11.2013

ASSESSMENT OF KALUSH AND HOLYNSKA POTASSIUM SALT DEPOSITS AND TAILINGS INFLUENCE ON GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF RIVER WATER

I. Kytsmur, V. Dyakiv

*Ivan Franko National University of Lviv,
geological faculty, department of ecological and engineering geology and hydrogeology,
Hrushevsky Street, 4, 79005, Lviv, Ukraine,
e-mail: kytsmur89@gmail.com, dyakivw@yahoo.com*

The zone of Kalush and Holynska deposits of potassium salts, Kalush in particular, villages Kropuvnuk and Sivka-Kaluska, were declared as ecological disaster zone in 2010. One of the most actual problem of the area is the erosion of precipitation saltbearing heap overflow tailings and dissemination areola as salinity groundwater and surface water, as well as the risk of a essential deterioration in water quality in the city's water intake. To assess the actual state of river water in the studied area during low-flow held their checking detailed geochemical sources of pollution to the peripheral areas. Two mechanisms of demineralization of river water – gravitational infiltration of water with a salinity of more than 5,0–10,0 g/l runoff and dilution water with distance from the source of pollution due to increased water content of the channel flow have been determined.

Key words: Kalush-Holyn deposit of potash salts, salt dump, tailings, infiltration, rivers Sivka, Mlynivka, Kropyvnyk, river water geochemistry, demineralization, dilution.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СОЛЕОТВАЛОВ И ХВОСТОХРАНИЛИЩ КАЛУШ-ГОЛИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ НА ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЧНЫХ ВОД

И. Кицмур, В. Дяків

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
геологический факультет, кафедра экологической и инженерной геологии,
улица Грушевского, 4, 79005, Львов, Украина,
e-mail: kytsmur89@gmail.com, dyakivw@yahoo.com*

Зона влияния Калуш-Голинского месторождения калийных солей, в особенности г. Калуш, сёл Кропивник и Сивка-Калушская, в 2010 г. оглашены зоной экологической катастрофы. Одной из наиболее актуальных проблем этой территории является размыв атмосферными осадками солевых отвалов, переполнение хвостохранилищ и распространение ареола загрязнения как подземных, так и поверхностных вод, а также опасность существенного ухудшения качества воды в городском водозаборе. Для оценки состояния речных вод территории в период низкого уровня вод проведено их детальные геохимические опробования в направлении от источников загрязнения. Установлено два механизма деминерализации речных вод – гравитационная инфильтрация вод с минерализацией более 5,0–10,0 г/дм³ в подрусловый сток и разбавление вод в процессе удаления от источников загрязнения в связи с нарастанием водности руслового потока.

Ключевые слова: Калуш-Голинское месторождение калийных солей, солеотвал, хвостохранилище, засоленные инфильтраты, речка Севка, Млынивка, Кропивник, подрусловый сток, геохимия речных вод, деминерализация, разбавление.