

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ХІМІЧНИМИ СПОЛУКАМИ ВІДВАЛЬНИХ ПОРІД

Орлінська О.В.¹, Максимова Н.М.¹, Пікареня Д.С.²

¹Дніпровський державний аграрно-економічний університет
вул. С. Єфремова, 25, 49600, м. Дніпро
egmsitb@gmail.com
natalya.maksimova@i.ua

²Дніпровський державний технічний університет
вул. Дніпробудівська, 2, 51900, м. Кам'янське
nippel@ua.fm

За результатами польових і лабораторних досліджень виявлено, що у тілі відвалів відбуваються процеси розчинення залізистих кварцитів. Утворені внутрішньовідвальні води характеризуються підвищеним рівнем загальної мінералізації та вмістом кремнегелю, хлоридів, натрію і калію. Міграція фільтратів до основи відвалів призводить до забруднення підземних вод. *Ключові слова:* вплив відвалу, гідрохімічні показники, екологічна оцінка, підземні води.

Оценка загрязнения подземных вод химическими соединениями отвальных пород. О.В. Орлинская, Д.С. Пикареня, Н.Н. Максимова. В результате проведения полевых и лабораторных исследований выявлено, что в теле отвалов происходит растворение железистых кварцитов. Образованные внутриотвальные воды характеризуются повышенными значениями общей минерализации и содержанием кремнегеля, хлоридов, натрия и калия. Миграция фильтратов к основанию отвалов приводит к загрязнению подземных вод. *Ключевые слова:* влияние отвала, гидрохимические показатели, экологическая оценка, подземные воды.

Assessment of groundwater pollution by chemical compounds of dump rock. Orlinska O., Maksymova N., Pikarenia D. As a result of field and laboratory studies, it was found that ferrous quartzites dissolve in the body of the dumps. The formed intra-dumps waters have increased values of total mineralization and the content of silica gel, chloride, sodium and potassium. Migration of filtrates to the base of the dumps leads to contamination of groundwater. *Key words:* impact of dump, hydrochemical indicators, environmental assessment, groundwater.

Постановка проблеми. Водні ресурси гірничодобувних регіонів України відзначаються низькою якістю. Навколо територій складування відходів гірничорудної промисловості спостерігаються значні ореоли забруднення підземних вод, а місцеві водотоки характеризуються підвищенням сольового стоку. Основною причиною їх деградації вважаються фільтраційні втрати з водонесучих комунікацій, хвостосховищ, ставків-накопичувачів і відстійників високомінералізованих вод, а вплив відвалів гірських порід на забруднення підземних і поверхневих вод майже не враховується.

Для дослідження впливу складування відходів гірничорудної промисловості на якість водних ресурсів прилеглих територій був обраний типовий для Криворізького залізорудного басейну об'єкт-модель – відвал Лівобережний Південного гірничозбагачувального комбінату. Відвал відсипаний залізистими кварцитами та сланцями на площі близько 900 га (рис. 1). Висота діючого відвалу сягає більше 102 м.

На півдні від м. Кривий Ріг у районі складування Лівобережного відвалу виділяють три водоносних горизонти, верхній розташований у четвертинних суглинках, середній – у неогенових вапняках, нижній – у кристалічних породах докембрію. Саме верхній горизонт зазнає максимального впливу від внутріш-

ньовідвальних вод. Це проявляється не лише зміною якісних характеристик води, але і в порушенні умов залягання водовмісних порід. Через високий тиск, який чинить відвал на підстилаючу поверхню, підземні води розвантажуються у пониженнях рельєфу та виходять на поверхню у підніжжя відвалу [1]. За даними досліджень, води мають мінералізацію 6,4–11,9 г/дм³, жорсткість – 37–80 мг-екв/дм³ та належать до вод сульфатно-магнієвого типу за катіонно-аніонним складом [2].

Виклад основного матеріалу дослідження. Для оцінки забруднення підземних вод хімічними сполуками відвальних порід у 2004 р. та у 2016 р. було проведено опробування трьох джерел на півдні Лівобережного відвалу, які вже мають власне русло і сталий характер. Для зіставлення хімічного складу підвідвальних джерел і внутрішньовідвальних фільтратів проведені експерименти з розчинення залізистих кварцитів у дистильованій воді.

Русла вищезазначених джерел спрямовані так, що всі високомінералізовані води потрапляють безпосередньо до р. Інгулець.

У 2004 р. були проведені дослідження з визначення хімічного складу води з цих джерел [3].

Вода з джерела № 1 мала дуже солоний смак із відчутним гірким та в'язучим присмаком, її температура становила 4–8 °С, а загальна мінералізація –

5,7 г/дм³. Вода з джерела № 2 майже нічим не відрізнялась за органолептичними показниками від води з джерела № 1 та мала мінералізацію 5,0 г/дм³. Вода з джерела № 3 мала менш солоний смак та мінералізацію 6,0 г/дм³. Це дає змогу робити висновок про підвищений вміст хлоридів, натрію та калію.

У 2017 р. проведені повторні дослідження цих джерел і виявилось, що за цей час вода з цих джерел зазнала змін. Хімічний склад підвідвальних вод визначався у сертифікованій лабораторії Центру радіоекологічного моніторингу (ЦРЕМ) м. Жовті Води.

Вода з джерела № 1 втратила солоний смак, але в'язучий присмак лишився. Мінералізація води зменшилась до 4,8 г/дм³. Вода з джерела № 2 також втратила солоний смак, але показник мінералізації збільшився до 7,8 г/дм³. У воді з джерела № 3 спостерігається збільшення мінералізації до 9,6 г/дм³. Ці результати свідчать про те, що за 12 років у ґрунтових водах четвертинного горизонту відбулись зміни хімічного складу, але це пов'язано не лише з фільтруванням атмосферних опадів через тіло відвалу (табл. 1).

Результати досліджень показали, що розчинення залістистих кварцитів під дією атмосферних опадів відбувається дуже активно. Якщо врахувати масу відвалу, то можна стверджувати, що забруд-

нення прилеглих до відвалу територій розчинними речовинами з відвальних порід має бути значним. Лівобережний відвал є потужним джерелом забруднення ґрунтів та підземних вод. З нього виноситься велика кількість механічних часток та розчинних речовин, серед яких присутні і вкрай небезпечні. Незважаючи на те, що порівняно з результатами хімічних аналізів 2004 р. якість води дещо змінилась у кращий бік, забруднення води до теперішнього часу залишається відчутним. Із поверхневих вод розчинені речовини потрапляють у головну річку регіону – Інгулець, тим самим погіршуючи її екологічний стан. Так, за даними [1], на ділянці річки Інгулець, що майже омиває з півночі та північного заходу відвал, сольовий стік збільшується на 45,06 т/добу. Основним джерелом забруднення може бути лише Лівобережний відвал.

У першому експерименті використовувався зразок залістистого кварциту, який був подрібнений на шматочки від 22 до 60 мм у діаметрі. Роздрібнений зразок був зважений на електронних вагах, його маса становила 365,57 г. Кварцит був поміщений у порцелянову чашку, залитий 200 мл дистильованої води так, щоб він був покритий шаром води. Чашку зверху накрили файлом для того, щоб запобігти потраплянню повітря та випаровування води з неї. У такому стані залістисті кварцити стояли близько 1,5 року.

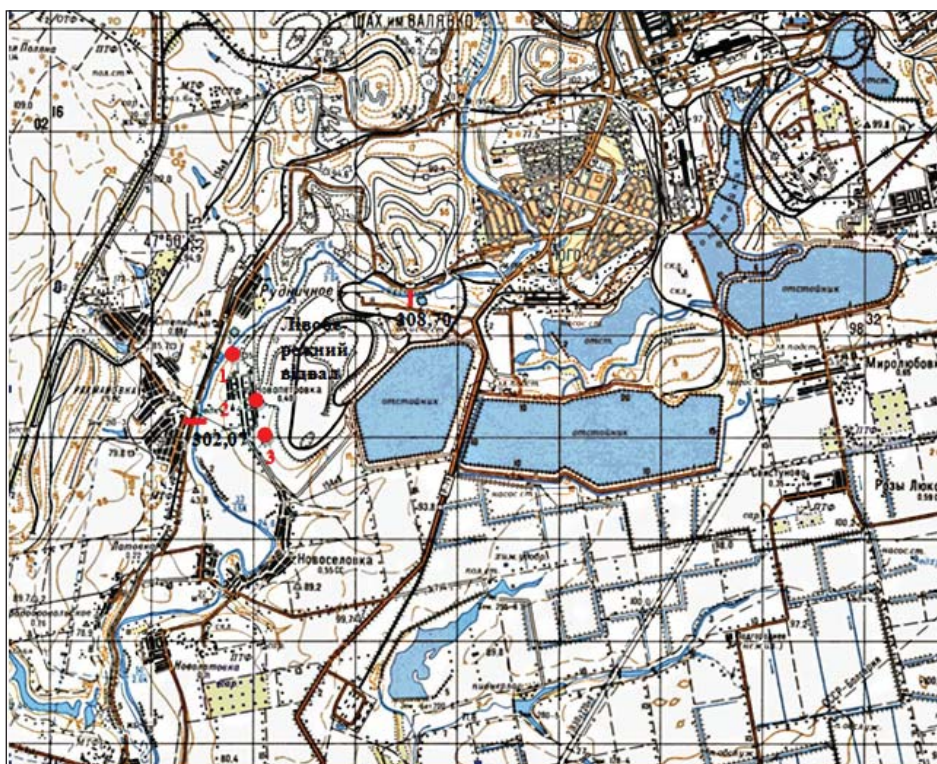




Рис. 1. Місцезортування Лівобережного відвалу

Умовні позначення

1.  – відбір проб води з джерел, їх номер;
2.  – кілометри по руслу річки (від гирла).

У другому експерименті залістий кварцит також був подрібнений на дрібні шматки та поміщений у скляну банку, залитий довільною кількістю дистильованої води. У процесі експерименту було виявлено розчинення залістих кварцитів у воді та утворення осаду на стінках скляної банки.

У першому випадку, коли кварцити були залиті 200 мл дистилату, спостерігалась поява плівки, яка покрила пробу, а на самих залістих кварцитах спо-

стерігалась поява нальоту білого кольору, а на стінках та на дні порцелянової чаші з'явився осад темного кольору.

У другому випадку відбулись трішки інші зміни. У воді утворились ниткоподібні субстанції мутно-сірого кольору, ззовні вони схожі на кремнегель (рис. 2а). Із часом вони зникли, а вода втратила прозорість і набула мутності (рис. 2б). За результатами проведення рентгеноструктурних аналізів у ДВНЗ

Таблиця 1

Зведена таблиця хімічного складу підвідвальних вод

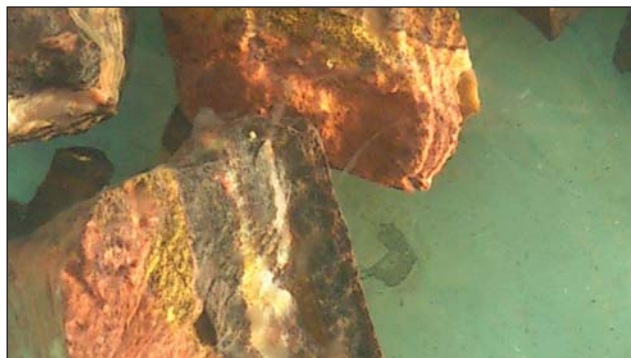
Показник		Джерело № 1		Джерело № 2		Джерело № 3	
		2004 р.	2017 р.	2004 р.	2017 р.	2004 р.	2017 р.
Аніони, мг/дм ³	HCO ₃ ⁻	408,7	439	408,7	482	433,1	586
	Cl ⁻	1096	87,8	281,2	435,2	773,2	154,4
	SO ₄ ²⁻	2764	2665	3078	2691	3687	2730
	Σ	4269	3192	3768	3608	4893	3470
Катіони, мг/дм ³	Ca ²⁺	370,7	77,4	280,6	129,4	340,7	58,8
	Mg ²⁺	626,2	131,3	614,1	125,9	778,2	121,1
	Na ⁺ +K ⁺	590,8	458,9	340,2	528,1	593,1	598,7
	Σ	1588	668	1235	783	1802	779
Жорсткість, мг-екв./дм ³		70,0	Не визначалась	64,5	Не визначалась	81,0	Не визначалась
Мінералізація, г/л		5,7	4,8	5,0	7,8	6,0	9,6

Примітка. Дані за 2004 р. запозичені з роботи [3]

Таблиця 2

Результати експериментів з розчинення залістих кварцитів у дистильованій воді

Показник	Проба № 1	Проба № 2
Об'єм витяжки, дм ³	0,1815	0,3620
Вміст зважених речовин, г/дм ³	8,32	0,53
Вміст сухого залишку, г/дм ³	0,4	0,3
Вміст іонів-хлориду, г/дм ³	0,341	0,355
Вміст гідрокарбонат-аніонів, мг/дм ³	Не визначався	24
Вміст іонів-кальцію, мг/дм ³	Не визначався	8
Вміст іонів-магнію, мг/дм ³	Не визначався	7,29
Вміст сульфат-аніонів, мг/дм ³	Не визначався	35



а



б

Рис. 2. Ниткоподібні утворення гелю кремневої кислоти під час розчинення залістих кварцитів

«Український державний хіміко-технологічний університет» було встановлено, що це насправді гель кремнієвої кислоти SiO_2 .

Дослідження вмісту гідрокарбонат-аніону, аніон-хлору, сульфат-аніону, калію та магнію виконувались у ДВНЗ «Український хіміко-технологічний університет». У лабораторії ЦРЕМ були виконані дослідження на виявлення вмісту у підвідвальних водах гідрокарбонат-аніону, сульфат-аніону, аніон-хлориду, натрію, калію, кальцію, магнію.

У результаті проведення досліджень та хімічних аналізів можна з впевненістю сказати, що у Лівобережному відвалі ПдГЗК відбуваються процеси розчинення залістистих кварцитів. Далі розчинені речовини разом з атмосферними опадами просочуються через тіло відвалу і потрапляють в основу відвалу, звідки надходять у підземні води та змінюють їх гідрохімічний склад.

Після завершення експерименту з настоюванням водні витяжки з кварцитів злили у мірну колбу та дослідили їх за фізико-хімічними параметрами. Об'єм витяжки з першого досліду – 0,1815 дм³, з другого – 0,362 дм³.

Для отримання розчинів був вивчений їх хімічний склад та мінералізація, а також зміни, що відбулись зі шматками залістистих кварцитів при їх розчиненні у дистилаті (табл. 2).

Значну різницю у кількості зважених речовин можна пояснити тим, що з проби № 2 був відібраний розчин для рентгеноструктурного аналізу, а потім для

відновлення об'єму додана дистильована вода, і експеримент продовжувався ще близько півроку. Однак, незважаючи на це, результати свідчать про те, що відбувається руйнування залістистих кварцитів.

Головні висновки. Експериментальне вивчення міграції мікроелементів із порід відвалів у воду показало на прикладі Лівобережного відвалу, що відбуваються хімічні процеси розчинення залістистих кварцитів, а саме: у воді утворюються нитковидні гелеподібні субстанції мутно-сірого кольору, ззовні дуже схожі на кремнегель, а на самих кварцитах формуються пластівці білого кольору. Відбуваються якісні зміни води, підвищення рівня загальної мінералізації та вмісту хлоридів, натрію та калію. Ці розчинені речовини разом з атмосферними опадами потрапляють в основу відвалу та впливають на геохімічний стан підземної гідросфери.

Проаналізовано зміни хімічного складу вод, що виходять на поверхню у вигляді підвідвальних джерел, які розташовані у підніжжі відвалу. Опробування та аналіз підвідвальних джерел показали, що за останні 12 років відбулись зміни хімічного складу підвідвальних вод, а саме: зменшився сольовий склад джерел, але збільшилась їх мінералізація.

Проведена раніше екологічна оцінка якості води р. Інгулець за середньорічними показниками за 1998–2008 рр. та 2013–2016 рр. показала, що відбувається забруднення поверхневих вод внаслідок проходження р. Інгулець біля Лівобережного відвалу [1–4].

Література

1. Орлінська О.В. Концептуальна модель розвитку підтоплення і забруднення підземних вод на територіях, прилеглих до відвалів гірничорудної промисловості / О.В. Орлінська, Н.М. Максимова, Д.С. Пікарєня. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2015. № 1. С. 160–163.
2. Дослідження гідрологічного та гідрогеологічного режиму та визначення джерел забруднення р. Інгулець в районі діяльності підприємств Кривбасу у Дніпропетровській області. Проект. Звіт. 1860-3В. Том 1. Дніпропетровськ, 2007. 136 с.
3. Орлинская О.В. Экологические проблемы железорудных регионов / О.В. Орлинская, О.А. Терешкова, Д.С. Пикарєня. *Екологічні проблеми гірничо-металургійного комплексу за умов формування принципів збалансованого розвитку: матер. Всеукр. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 2–3 грудня 2008 р.)*. К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2008. С. 165–172.
4. Орлинская О.В. Влияние Левобережного отвала горных пород Криворожского железорудного бассейна на экологическое состояние прилегающих территорий (по данным геофизических исследований) / О.В. Орлинская, Д.С. Пикарєня, Н.Н. Максимова. *Докл. междунар. науч. симп. «Неделя эколога – 2017» (Каменское, 10–13 апреля, 2017)*. Каменское: ДГТУ, 2017. С. 134–137.