

ГІГІЄНА ҐРУНТУ ТА ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ

УДК 614.3:622.51:628.31

ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ ПІДЗЕМНИХ ВОДОНОСНИХ ГОРИЗОНТІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ХВОСТОСХОВИЩ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ КРИВБАСУ

Тарабарова С.Б., Станкевич В.В.

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», м. Київ

Актуальність. Криворізький басейн видобутку залізної руди належить до гірничопромислових регіонів країни з критичним станом навколишнього середовища, в тому числі водного. Інтенсивна виробнича діяльність великих залізрудних підприємств привела до незворотних змін природного середовища з утворенням техногенного рельєфу, який включає хвостосховища, відвали розкритих та розкритих порід, канали, дамби тощо [1,2]. Головними джерелами забруднення водного середовища в районах розміщення гірничозбагачувальних комбінатів (ГЗК) Кривбасу є хвостосховища, в яких накопичуються відходи збагачення залізних руд та акумулюються високомінералізовані шахтні води підприємств. Хвостосховища відгороджуються дамбою, яка наливається з хвостів, що надходять у вигляді пульпи (пісок, вода). У хвостосховищах проходить процес седиментації твердої фази хвостів (іноді за допомогою реагентів), а відстояна вода піддається очищенню та скидається у локальні водойми або повертається на ГЗК для технологічних потреб [3,4]. Надлишки високомінералізованих вод після збагачення залізних руд збираються в ставку-накопичувачі шахтних вод, розташованому в балці Свістунова, де відбувається просочування цих вод у водоносні горизонти, що залягають нижче. В той же час у наслідок дисбалансу використання та накопичення поверхневих вод в міжвегетативний період щорічно відбуваються регламентовані скиди високомінералізованих вод із хвостосховищ та ставка-накопичувача в балці Свістунова в річки Ін-

гулець та Саксагань, що сприяють надмірному сольовому забрудненню як поверхневих водойм, так і підземних вод.

Метою роботи було визначення міри впливу високомінералізованих зворотних вод ПАТ «ПВДГЗК» на стан підземних вод на території, прилеглої до хвостосховищ «Об'єднане. Перша карта», «Войкове» та Лівобережних відвалів. Моніторинг якості води підземних водоносних горизонтів проводився в наглядних свердловинах навколо хвостосховищ та відвалів протягом 2013-2015 років. В роботі були використані такі **методи** дослідження: фізико-хімічні – для визначення якості підземної води; аналітичний – для узагальнення інформації щодо результатів досліджень; математичні – для статистичної обробки та аналізу отриманих результатів.

Результати дослідження. В адміністративному відношенні хвостосховища «Об'єднане. Перша карта», «Войкове» та відвали розкритих порід «Лівобережні» розташовані в південній частині м. Кривий Ріг на землях Інгулецького району м. Кривий Ріг і Широківського району Дніпропетровської області в межах земельного відводу підприємства ПАТ «ПВДГЗК». Одною з найбільших балок в районі є балка Свістунова, вода якої характеризується дуже високим солевмістом, до 37-40 г/дм³ за сухим залишком.

Зворотні води ПАТ «ПВДГЗК», які проходять через хвостосховища «Об'єднане. Перша карта» та «Войкове» і надходять до підземних водоносних горизонтів, включають технологічні (оборотні), фільтраційні та

дренажні води. Фільтраційні води – це води, які проходять через товщу складованих хвостів і виходять через дно греблі на денну поверхню. Дренажні води – це води, які просочуються через бокові стінки греблі та захоплюються дренажними пристроями, роз-

ташованими по периметру дамби. Дослідження були проведені за показниками групи мінералізації: сухий залишок, хлориди, сульфати, загальне залізо, результати досліджень наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Характеристика технологічних (оборотних), фільтраційних та дренажних вод хвостосховищ «Об'єднане. Перша карта» та «Войкове» протягом 2013-2015 рр.

Хвостосховище	Показник	Технологічна вода	Фільтраційна Вода	Дренажна Вода
Об'єднане. Перша карта	Сухий залишок, мг/дм ³	9649,0±197,6	11653,3±663,2	11944,8±126,3
	Хлориди, мг/дм ³	4052,8±106,6	5152,1±261,1	5025,4±58,5
	Сульфати, мг/дм ³	1268,5±5,5	1404,1±4,1	1453,2±11,3
	Загальне залізо, мг/дм ³	3,28±0,36	1,70±0,09	0,72±0,05
Войкове	Сухий залишок, мг/дм ³	9589,3±35,1	9307,1±115,6	12432,8±146,2
	Хлориди, мг/дм ³	4009,2±18,5	3929,7±46,6	5354,1±66,5
	Сульфати, мг/дм ³	1304,8±21,0	1193,8±3,0	1519,1±2,0
	Загальне залізо, мг/дм ³	2,30±0,27	0,99±0,13	1,70±0,26

Концентрації показників мінерального складу в оборотній, фільтраційній та дренажній воді пов'язані з температурою повітря, сезонними коливаннями, процесами інфільтрації та випаровування води, яка покриває хвости в греблі, та кількістю атмосферних опадів. Найбільше ці чинники впливають на якість дренажної води. Трьохрічні моніторингові спостереження показали, що фізичні та санітарно-хімічні показники (за виключенням показників мінеральної групи), що характеризують склад технологічної, фільтраційної та дренажної вод, які скидалися у хвостосховища «Об'єднане. Перша карта» та «Войкове», мали близькі значення і характеризувались постійними рівнями показників у межах гігієнічних нормативів.

Технологічні, фільтраційні та дренажні води містили значне сольове забруднення та у кілька разів перевищували гранично допустимі концентрації (ГДК). Показники мінерального складу технологічної води, що прямували до хвостосховищ «Об'єднане. Перша карта» і «Войкове», у порівнянні з показниками поверхневих водойм перевищували ГДК за сухим залишком до 9,6, хлоридами – до 11,6, сульфатами – до 2,6 та загальним залізом – до 11,0 разів. Для фільтраційних вод двох хвостосховищ характерна

величина сухого залишку на рівні 11,7 ГДК, хлоридів – 11,2 ГДК, сульфатів – 2,8 ГДК та загального заліза – 5,7 ГДК. Дренажні води за показниками мінерального забруднення води у хвостосховищі «Войкове» були на 4,1-6,5% більш забрудненні, ніж у хвостосховищі «Об'єднане. Перша карта»; перевищення ГДК за солемістом у воді обох хвостосховищ становило: за сухим залишком – до 12,4, хлоридами – до 15,3, сульфатами – до 3,0 та загальним залізом – до 5,7 разів.

В районі хвостосховищ «Об'єднане. Перша карта», «Войкове» та Лівобережних відвалів підземні води першого від поверхні четвертинного водоносного горизонту та водоносного горизонту неогенових відкладень зазнавали постійних негативних змін якості та режиму рівнів підземної води. Забруднені води четвертинного та неогенового водоносних горизонтів мали тенденцію до поширення на південь і південний захід. Природні відклади четвертинного віку перекриті практично повсюди техногенним чохлам, представленим намивними (шламом хвостосховищ) та насипними ґрунтами, що складали огорожувальні дамби та численні відвали розкритих порід. Живлення водоносного горизонту здійснюється, переважно, за рахунок інфільтрації атмосферних опадів і вод

зрошення, втрат із комунікацій, що транспортують воду, резервуарів та ємностей на ділянках з «мокрим» технологічним процесом. Розвантаження водоносного горизонту здійснюється на схилах долини р. Інгулець та за рахунок незначного перетоку в понтичний водоносний горизонт. Водотривким шаром водоносного горизонту четвертинних відкладів є червоно-бурі потужні важкі суглинки з низькими фільтраційними властивостями, що робить його практично ізольованим від водоносних горизонтів, що залягають нижче. Живлення водоносного горизонту здійснюється в основному за рахунок інфільтрації атмосферних опадів; розвантаження водоносного горизонту відбувається в р. Інгулець.

Нижче розміщений водоносний горизонт неогенових відкладів (понтичний і сарматський регіоярус). Водоносний горизонт неогенових понтичних відкладів поширений на більшості території і залягає під червоно-бурими глинами, є безнапірним та виклинюється вздовж р. Інгулець. Живлення водоносного горизонту здійснюється за рахунок інфільтрації атмосферних опадів на ділянках

виклинювання горизонту на поверхню, а також перетоку вод четвертинного горизонту. Розвантаження водоносного горизонту понтичних відкладів здійснюється у водоносний горизонт сарматських відкладів, що залягає нижче, через шар меотичних глин. Водоносний горизонт неогенових сарматських відкладів спостерігається повсюдно, горизонт є напірно-безнапірний. Верхнім водоупором є меотичні глини, нижнім – глини харківського та київського ярусів. Область живлення водоносного горизонту відбувається за рахунок перетоку з понтичних відкладів та інфільтрації атмосферних опадів на ділянках виклинювання водоносного горизонту на поверхню. Розвантаження горизонту здійснюється в балочну мережу та долину р. Інгулець.

Аналіз ретроспективних даних за 2013-2015 рр. показав, що підземні води на території від хвостосховищ до ставка-накопичувача шахтних вод у балці Свістунова мали різні рівні мінералізації.

Результати аналізу якості підземної води за ретроспективними даними надано в табл. 2.

Таблиця 2. Характеристика підземних вод з наглядових свердловин на території, прилеглої до хвостосховищ «Об'єднане. Перша карта», «Войкове» та Лівобережних відвалів за усередненими даними (2013-2015 рр.).

Показник	Хвостосховище «Войкове»	Хвостосховище «Об'єднане. Перша карта»	Лівобережні відвали
Водоносний горизонт четвертинних відкладень			
Сухий залишок, мг/дм ³	7270,17±1454,23	8780,53±96,68	6763,11±565,51
Сульфати, мг/дм ³	548,67±133,67	3260,92±23,61	668,38±82,87
Хлориди, мг/дм ³	3729,47±840,51	1523,34±41,05	2884,06±308,04
Загальна жорсткість, мг-екв./дм ³	26,73±7,00	56,64±2,36	40,35±1,47
Водоносний горизонт неогенових відкладень			
Сухий залишок, мг/дм ³	7890,31±514,92	3744,34±55,40	5892,44±578,62
Сульфати, мг/дм ³	214,69±16,11	1127,38±40,95	101,84±22,26
Хлориди, мг/дм ³	3575,68±202,56	1018,65±5,46	2556,37±192,76
Загальна жорсткість, мг-екв./дм ³	26,36±1,80	24,41±0,34	16,34±4,92
Водоносний горизонт корінних відкладень			
Сухий залишок, мг/дм ³	736,87±44,33	-	860,40±61,62
Сульфати, мг/дм ³	50,52±1,20	-	42,06±13,77
Хлориди, мг/дм ³	265,48±8,85	-	369,09±1,98
Загальна жорсткість, мг-екв./дм ³	4,07±0,50	-	8,04±0,34

Першим від поверхні землі є водоносний горизонт четвертинних відкладень. Протягом трьох років спостереження з 2013 по 2015 рр. для підземних вод водоносного горизонту четвертинних відкладень характерний постійний склад за органолептичними показниками, вмістом органічного забруднення, мікроелементним складом, специфічними і токсичними речовинами, за винятком показників групи мінералізації (сухий залишок, сульфати, хлориди, жорсткість). Дослідження показали, що найбільш уразливим для техногенних чинників в зоні впливу хвостосховищ «Об'єднане. Перша карта», «Войкове» та Лівобережних відвалів є водоносний горизонт четвертинних відкладів. Так, в цей період зафіксовано перевищення гігієнічних нормативів за всіма показниками мінерального складу, що вивчалися. У підземній воді в зоні впливу хвостосховища «Войкове» перевищення нормативу за сухим залишком становило 7,3 разів, сульфатами – 1,1 разів, хлоридами – 10,7 разів та загальною жорсткістю – 3,8 разів.

Підземна вода водоносного горизонту четвертинних відкладів в зоні впливу хвостосховища «Об'єднане. Перша карта» була більш забруднена сольовою компонентою та мала рівні сухого залишку, сульфатів та загальної жорсткості в 1,2-5,9 рази більш високими, ніж в зоні впливу хвостосховища «Войкове». У воді водоносного горизонту четвертинних відкладів біля Лівобережних відвалів показники мінералізації визначались в значно меншій концентрації (від 1,1 до 4,9 разів), ніж у воді хвостосховищ «Об'єднане. Перша карта» та «Войкове». Найбільший рівень сольового забруднення визначався в воді хвостосховища «Об'єднане. Перша карта».

Для водоносного горизонту неогенових відкладень, що розташований нижче за водоносний горизонт четвертинних відкладень, характерна наявність високої мінералізації води, незважаючи на велику його захищеність (горизонт залягає під червонобурими глинами). Перевищення гігієнічних нормативів (усереднені дані) за сухим залишком та хлоридами становило від 3,7 та 2,9 разів, відповідно, (хвостосховище «Об'єднане. Перша карта») до 7,9 та 10,2 разів, відповідно, (хвостосховище «Войкове»); за загальною жорсткістю – від 2,3 (Лівобе-

режні відвали) до 3,8 разів (хвостосховище «Войкове»). Спостереження за станом неогенового водоносного горизонту в динаміці за роками (2013-2015 рр.) показало, що мінералізація підземної води мала тенденцію до зниження. Рівні групи мінерального складу в воді водоносного горизонту корінних відкладів протягом трьох років спостережень коливались в межах нормативних значень. Для 2015 р. характерно зниження рівнів за всіма показниками, що вивчалися. Цей горизонт не підпадає під вплив високомінералізованих промислових зворотних вод.

Отже, аналіз ретроспективних моніторингових даних показав, що підземні води водоносних горизонтів четвертинних та неогенових відкладень підпадають під негативний вплив зворотних вод хвостосховищ «Об'єднане. Перша карта», «Войкове» та Лівобережних відвалів ПАТ «ПВДГЗК». У водоносному горизонті четвертинних відкладень протягом трьох років відбувалось накопичення забруднення за показниками мінералізації (усереднені дані): рівні сухого залишку до 8,8, сульфатів – до 6,5, хлоридів – до 10,7 та загальна жорсткість – до 8,1 разів були вищі за відповідні нормативи. Для водоносного горизонту неогенових відкладень також характерне збільшення сольового навантаження на підземну воду: рівень сухого залишку був більшим за нормативну величину до 7,9 та хлоридів до 10,2 разів; вміст сульфатів незначно коливався в нормативних межах. Величина загальної жорсткості за три роки спостереження збільшилась та перевищувала нормативний рівень до 3,8 разів.

Найбільший негативний вплив на стан підземних вод відчував водоносний горизонт четвертинних відкладень в зоні впливу хвостосховищ «Об'єднане. Перша карта», «Войкове» та Лівобережних відвалів ПАТ «ПВДГЗК». На накопичення сольового забруднення за показниками мінерального складу (сухий залишок, хлориди, сульфати) у водоносному горизонті впливали не тільки високомінералізовані зворотні води ПАТ «ПВДГЗК», але й інтенсивне землеробство із застосуванням мінеральних добрив (суперфосфату, сульфату магнію тощо), що дозволило водорозчинним компонентам мінеральних добрив мігрували до водоносного горизонту четвертинних відкладів.

Водоносний горизонт четвертинних відкладень та балок долини р. Інгулець гідравлічно взаємопов'язаний з підстилаючою його кристалічною товщею, утворюючи в долині ріки комплексний водоносний горизонт. В зоні сполучення водоносних горизонтів неогенових та четвертинних відкладень зберігається безпосереднє гідравлічне сполучення. У зв'язку з цим, забруднені мінеральною компонентою підземної води четвертинних відкладень потрапляють до горизонту неогенових відкладень, забруднюючи і його, але з значно меншій мірі. Проте, найбільший негативний вплив на якість підземних вод, на нашу думку, мали високомінералізовані води зі ставка-накопичувача шахтних вод в балці Свістунова, де солеміст становить 37-40 г/дм³ за сухим залишком. Встановлено, що у наглядних свердловинах величина мінералізації підземної води біля хвостосховища «Войкове» в порівнянні з водою ставка-накопичувача шахтних вод у балці Свістунова була лише в 2,2-4,5 разів менша. Отже, головним джерелом забруднення підземної води є ставок-накопичувач в балці Свістунова, для якого характерним є древні розломи мантійської закладки в днищі ставка-накопичувача з простяганням цієї зони уздовж балки Свістунова та наявність системи локальних неотоктонічно активних розломів, що спрямовані у бік хвостосховищ та відвалів.

Таким чином, в місцях розташування хвостосховищ «Об'єднане. Перша карта», «Войкове» та Лівобережних відвалів підземні води водоносних горизонтів четвертинних та неогенових відкладень постійно зазнають негативних змін якості за сольовою компонентою.

Найбільш уразливими для техногенних чинників в зоні впливу хвостосховищ є водоносний горизонт четвертинних відкладів. Забруднені води четвертинного та неогенового водоносних горизонтів мають тенденцію до поширення на південь і південний захід.

Джерелами забруднення підземних вод четвертинного та неогенового водоносних горизонтів є техногенні чинники: технологічні (оборотні), фільтраційні та дренажні води хвостосховищ «Об'єднане. Перша карта», «Войкове» та Лівобережних відвалів ПАТ «ПВДГЗК».

Проте найбільшим джерелом забруднення є високомінералізовані води зі ставка-накопичувача шахтних вод в балці Свістунова, де солеміст становить 37-40 г/дм³ за сухим залишком. Для цього ставка-накопичувача характерним є древні розломи мантійської закладки в днищі ставка-накопичувача з простяганням цієї зони уздовж балки Свістунова та наявність системи локальних неотоктонічно активних розломів, що спрямовані у бік хвостосховищ та відвалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Багрій І.Д. Гідроекосистема Криворізького басейну – стан і напрямки поліпшення. / І.Д. Багрій, П.Ф. Гожик, Є.В. Самоткал та інш. // – Фенікс, 2005. – 216 с.
2. Калініченко О.О., Лакомова О.Й. Аналіз геологічного середовища порушеного техногенними чинниками на прикладі південно-західної частини Криворізького залізничного басейну. [Електронний ресурс]. Кривий Ріг : НІСД, 20105. – Режим доступу : <http://www/sworld.com.ua/konfer38/522/pdf>.
3. Мечников Ю.П. Неотектонічні рухи та їх вплив на геологічне середовище антропогенної екосистеми Кривбасу. / Ю.П. Мечников // Наук. зб. Деякі чинники техногенезу Серія: Геологічне середовище антропогенної екосистеми. – Кривий Ріг : Октан-прінт, 2002. – С. 73-79.
4. Багрій І.Д. Прогнозування розломних зон підвищеної проникності гірських порід для вирішення геоecологічних та пошукових задач. / І.Д. Багрій // – К.: ІГН НАН України, 2003. – 152 с.

**ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД ПОДЗЕМНЫХ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ
ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ
ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ КРИВБАСА**

Тарабарова С.Б., Станкевич В.В

ГУ «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева НАМН Украины», г. Киев

Подземные воды водоносных горизонтов четвертичных и неогеновых отложений в местах расположения хвостохранилищ «Войковское», «Объединенное. Первая карта» и Левобережных отвалов ПАО «ЮжГОК» имеют постоянное негативное изменение качества воды по солевой компоненте. Наиболее уязвимым для техногенных факторов в зоне влияния хвостохранилищ есть водоносный горизонт четвертичных отложений. Источниками загрязнения четвертичного и неогенового водоносных горизонтов есть техногенные факторы: технологические (оборотные), фильтрационные и дренажные воды хвостохранилищ и отвалов. Однако, наибольшим источником загрязнения есть высокоминерализованные воды из пруда-накопителя шахтных вод в балке Свистунова, где солесодержание составляет 37-40 г/л.

**CONTAMINATION OF UNDERGROUND WATERS AQUIFEROUS HORIZONS
EXPLOITATION OF TAILINGS DUMPS OF MINING
AND PROCESSING COMBINES OF KRYVBAS**

S.B. Tarabarova, V.V. Stankevich

Underwaters of aquiferous horizons of quaternary and neogene sedimentations in the places of location of tailings dump “Voykov”, “Incorporated. First map” and the Left-bank dumps of plant “Yuzhgok” have a permanent negative change of quality of water on a salt component. The most vulnerable for technogenic factors there is aquiferous horizon of quaternary sedimentations in the effected of tailings dump zone. By the sources of contamination quaternary and neogene aquiferous horizons there are technogenic factors: technological (circulating), lauter and drainage waters of tailing dump and dumps. However, the most course of contamination are the high-mineralized waters from the storage-pond of mine waters in the beam of Svistunov, where salt content is 37-40 g/l.

УДК 504.6:663.5:631.8:636.087:628.32

**ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРЕСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ НА ОБ'ЄКТАХ СПИРТОВОЇ
ПРОМИСЛОВОСТІ – ЗАПОРУКА ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ**

Мельниченко Т.І.¹, Кадошніков В.М.¹, Жебровська К.І.¹, Петренко О.Д.², Пугач О.В.¹

¹*ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ*

²*ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О.М. Марзєєва НАМН України», м. Київ*

Спиртова промисловість є однією з бюджетоутворюючих галузей української економіки. Значимість спирту етилового для народного господарства характеризується високим рівнем його застосування в фармацевтичній, харчовій галузях, агропромисло-

вому і паливно-енергетичному комплексах. Спирт є основним продуктом для виготовлення лікеро-горілчаних виробів. Останнім часом набуває значного поширення біоетанол, досить перспективний вид палива. Наразі в Україні є близько 13 виробників біое-