

УДК 5. 502.3/7.504

DOI <https://doi.org/10.33989/2024.10.1.306014>

В.І. Антонік

Науково-дослідний гірничорудний інститут Криворізького національного університету, Кривий Ріг, Україна.

5-й Мікрорайон Зарічний, 73 кв. 44, Кривий Ріг, 50081
viantonik096@gmail.com

ORCID: 0000-0003-0761-0920

І.П. Антонік

Криворізький державний педагогічний університет, Кривий Ріг, Україна.

5-й Мікрорайон Зарічний, 73 кв. 44, Кривий Ріг, 50081
ira067108kr@gmail.com

ORCID: 0000-0003-4445-6934

ВПЛИВ МІСЦЬ НАКОПИЧЕННЯ ВІДХОДІВ ГІРНИЧО – ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ НА ГІДРОСФЕРУ ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ

Досліджено характер і напрямки зміни стану водних об'єктів території, що тривалий час (50 – 60 років) прилягає до місць складування відходів видобутку (відвалів) і збагачення (хвостосховищ) залізорудної сировини. Встановлено, що відвали та хвостосховища є джерелами інтенсивного хімічного забруднення гідросфери прилеглих територій високо мінералізованими фільтратами. Найінтенсивніше забруднення і підняття рівня підземних вод на всіх горизонтах відбувається у перші 10-15р. В подальшому, пропорційно терміну експлуатації техногенних споруд, зростає ареал та рівень хімічного забруднення як поверхневих, так і підземних водних об'єктів, зростають гідрогеологічні процеси: підтоплення, зсуви, провали.

Ключові слова: відвали, хвостосховища, фільтрати, підземні води, відкриті водойми, забруднення, підтоплення.

Вступ. Найбільшої шкоди довкілля Кривого Рогу зазнало з початку 60-х років минулого століття завдяки впровадженню видобутку «бідної» залізорудної сировини (переважно залістистих кварцитів, що містять 17-42 % заліза) відкритим способом з наступним її збагаченням до залізозмісної продукції (концентрат з вмістом заліза 65-68 %). П'ять нині діючих Криворізьких гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) такого профілю (Північний, Центральний, Південний, Новокриворізький та Інгулецький) ведуть видобуток руди в 9 кар'єрах глибиною понад 300 м, загальною площею близько 6 тис. га.

За існуючими технологіями видобуток та збагачення 1 тони сирової руди супроводжується утворенням 3-4 тон відходів, що накопичуються у відвалах розкривних порід та у хвостосховищах. В цих геоспорадах Кривого Рогу зараз накопичено майже 4 млрд. м³ промислових відходів, а зайнята ними площа складає понад 12 тис. га, із яких 5 тис. га знаходиться під відвалами і більше 7 тис. га – під хвостосховищами (Живолуп, 2019).

Відомо, що місця накопичення відходів видобутку і збагачення залізорудної сировини є джерелами інтенсивного негативного впливу на навколишнє середовище. Пил вітрової ерозії сухих поверхонь відвалів та хвостосховищ забруднює атмосферне повітря і земельні ресурси прилеглих територій. Вода опадів, що концентрується у пухкій товщі відвалів, вимиває з порід розчинні хімічні елементи та солі, набуває високої мінералізації (стає сульфатно-хлоридно-магнієво-натрієвою з мінералізацією до 10,2 г/дм³ та з вмістом сполук заліза, марганцю, цинку, стронцію, свинцю тощо) і створює забруднені витоки на рівні

основи насипів та просочується у підземні водні горизонти. Відходи флотаційного способу збагачення залізорудної сировини («хвости») транспортуються до хвостосховищ у вигляді рідкої суспензії (пульпи), розчинником якої є, зазвичай, високо-мінералізована вода (мінералізація 13,4-15,1 г/дм³, з домішками розчинних сполук заліза, марганцю, свинцю, цинку тощо), що відкачується з кар'єрів, чи оборотна вода відстійників хвостосховищ. Таким чином, хвостосховища фактично є гідроспорудами, частина забрудненої води з яких дренажує у товщу цих геоспоруд та утворює інтенсивні фільтраційні витоки, які не завжди повністю перехоплюються дренажними системами та потрапляють у підземні води та у зовнішнє середовище.

Виходячи з проведеного аналізу доступних джерел інформації не достатньо вивченими залишаються питання швидкості наростання у часі хімічного забруднення відкритих та підземних природних водних об'єктів фільтраційними водами з відвалів та хвостосховищ, а також мало досліджено віддалені наслідки довготривалого впливу компонентів фільтраційних вод на гідросферу прилеглих територій.

Метою досліджень стало вивчення характеру і напрямку зміни стану водних об'єктів території, що прилягає до місць складування відходів видобутку і збагачення залізорудної сировини відкритим способом і більше 60 років піддаються їх впливу.

Матеріали і методи. Місцем для проведених досліджень була обрана земельна ділянка площею близько 10 тис. га у південній частині Криворізького району Дніпропетровської області (переважно землі Новолатівської сільської ради), на межі якої з північної та північно – східної сторони розташовані відвали «Лівобережні» (діють з 1969 р, площа більше 823 га) та багатоярусне хвостосховище «Войково» (діє з 1977 р, площа 592 га) акціонерного товариства «Південний ГЗК» (АТ «ПівдГЗК»), зі східної сторони розміщено багатоярусне хвостосховище «Об'єднане», I, III і IV карти сумісного використання АТ «ПівдГЗК» та ГЗК ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (ПАТ «АМКР») (діє з 1964 р., площа близько 695 га), а на заході розташовані відвали «Степовий» та «2-3» ГЗК ПАТ «АМКР» (діють з 1972 р., площа близько 498 га). Крім цього в центрі обраної для дослідження території розташований ставок – накопичувач високо-мінералізованих сульфатно – хлоридно-натрієвих шахтних вод (мінералізація 34,4 – 37,1 г/дм³) державного підприємства «Кривбасшахтозакриття» (ДП «КШЗ») у балці Свистунова, який діє з 1976 року і має площу до 300 га, ємність до 12 млн. м³.

Рельєф обраної для дослідження території представлений степовою рівниною, посіченою багатьма балками, найбільші з яких: Широка, Свистунова, Грушевата, Вовча та Мікушина.

На обраній території розміщені п'ять відкритих водних об'єктів: в західній частині на відстані 3-5 км від хвостосховищ і 0,5 км від відвалів «Лівобережні» проходить русло річки Інгулець, у верхів'ї балки Свистунова на відстані 1,7 км від хвостосховища «Об'єднане» розташований ставок рекреаційно – господарського призначення «Марофель», у південно – східній частині за 2,0 км від ставка – накопичувача шахтних вод є ставок «Затишний», а у південно-західній частині за 1,5 км від відвалів «2-3» ПАТ «АМКР» розміщений ставок «Західний». На північній стороні ділянки обстеження має місце техногенний ставок «Новоселівський» площею до 2,5 га, що утворився у 90-х роках минулого століття за рахунок акумуляції фільтраційних вод з хвостосховища «Войково», з балки Свистунова і відвалів «Лівобережні». Загальна мінералізація хлоридно – натрієво – магнієвої води в ставку більше 10,1 г/дм³.

Підземні води на території дослідження за геологічною будовою поширені в наступних водоносних горизонтах:

- четвертинних відкладів (лесовидні суглинки, алювіальні піски);
- неогенових відкладів (піски, вапняки);
- тріщинуваті зони кристалічних порід докембрію.

Природне живлення водоносних горизонтів на цей час майже на всій площі дослідження порушено кар'єрами та відпрацьованими шахтами і відбувається переважно за рахунок фільтратів геотехнічних споруд різного профілю та атмосферних опадів.

Для виявлення ступеню і характеру техногенно – обумовлених змін у стані підземних та поверхневих вод території, що межує з відвалами та хвостосховищами, було застосовано методику порівняльного аналізу відповідних похідних та сучасних даних. У якості похідних даних були використані результати геологічних і гідрогеологічних зйомок та еколого-геологічних досліджень, що проводилися в південній частині Криворіжжя до початку функціонування АТ «ПівдГЗК» та ГЗК ПАТ «АМКР» (1950 – 1975 рр.) (Натаров, 1951; Бабушкин, 1971). Для відображення динаміки гідрогеологічних змін вивчалися звіти гідрогеологічних досліджень відповідної території та дані моніторингових спостережень за режимом поверхневих і підземних вод за 1976 – 2012 рр. (Жук, & Лисакова, 1984; Гуляк, 2007; Чумаченко, & Кулькова, 2008). Дані про сучасний стан гідрогеологічних умов (2016 – 2020 рр.) на території дослідження отримані в результаті власних лабораторних досліджень проб води із спостережних свердловин і поверхневих водотоків. При оцінці зміни якісного складу підземних вод величина гранично-допустимих концентрацій (ГДК) хімічних елементів у воді приймалась за Державним СанПіном 2.2.4. – 171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

Результати досліджень та їх обговорення. Дослідженнями встановлено, що за перші 11 років роботи АТ «ПівдГЗК» та ГЗК ПАТ «АМКР» (на той період Новокириворізького ГЗК) (з 1963 по 1974 рр.) рівні підземних вод четвертинних відкладів поблизу хвостосховищ «Войкове» і «Об'єднане» піднялися з 95 до 10-30 м. Починаючи з 1984 р. спостерігається поступове зниження глибин залягання рівнів підземних вод четвертинних відкладів по всій площі дослідження. На сучасний період відклади четвертинної системи безводні, але у неогенових відкладах рівні підземних вод піднялися до глибини 8,0-28,2 м. Станом на 2020 рік продовжують відбуватися зміни якісного складу підземних вод, зростає їх мінералізація по площі та глибині, збільшується вміст хлоридів і сульфатів. Найбільш мінералізовані води спостерігаються поблизу об'єктів АТ «ПівдГЗК», де мінералізація по окремих свердловинах досягла 21,2 г/дм³. На території, прилеглої до хвостосховища «Войково» та відвалів «Лівобережні» мінералізація вод неогену коливається в межах 6,4 г/дм³ – 19,13 г/дм³. У відібраних пробах води виявлено підвищений вміст заліза (2-1150 ГДК), стронцію (1,5-5,0 ГДК), марганцю (2,4-8,1 ГДК), цинку (до 6 ГДК), нафтопродуктів у кількості 0,9-3,8 мг/дм³, фосфору – 2,33-3,6 мг/дм³.

У 50–60-х роках минулого століття села на території дослідження мали автономне забезпечення питною водою з колодязів та свердловин, яких налічувалося 12 одиниць. В період гідрогеологічної зйомки 2003-2007 рр. [5] в селах сільської ради було виявлено тільки 4 колодязі, якість води в яких відповідала вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Вода питна», мінералізація води яких не перевищувала 1,1 г/дм³. За станом на 2016 р. мінералізація води в усіх колодязях і свердловинах перевищила 2,56 г/дм³ і стала не придатною для споживання, тому джерела такої води в селах були ліквідовані.

На ділянках розміщення відвалів «Лівобережні» і хвостосховища «Войково» потік фільтраційних високо-мінералізованих вод має напрямок в основному на захід, в сторону р. Інгулець. Постійні витоки відбуваються по наявних балках, особливо балкою «Микушина», де спостерігається постійний несанкціонований струмок фільтраційних вод в річку Інгулець з мінералізацією 7,37 г/дм³ і річним об'ємом більше 6,6 тис. м³. Надходження витоків підземних вод з високою мінералізацією (до 6,8 г/дм³) спостерігається і в південно-східному напрямку від промдільниці АТ «ПівдГЗК» і хвостосховища «Войково», на відстані 1500-1875 м. В східній частині території досліджень, потік забруднених вод направлений з б. Грушевата, де розташовано хвостосховище «Об'єднане», в балку Широка і далі на південь.

Від ставка-накопичувача шахтних вод у балці Свистунова має місце поширення фільтраційних потоків в західному (до річки Інгулець), в південному – по балці Широка, та в південно-східному напрямках на відстань 1500-2500 м. Зафіксовано десятки витоків води вздовж лівого берега річки Інгулець з мінералізацією до 15,6 мг/дм³ і загальним об'ємом до 13,8 тис.м³ на рік. У складі води цих витоків зафіксовано аномальний вміст кальцію (823-

1123 мг/дм³). Це свідчить про те, що на шляху руху водного потоку фільтратів з балки Свистунова до річки Інгулець по пласту неогенових вапняків, відбувається інтенсивне хімічне розчинення і руйнування вапна з утворенням підземних карстів і ризиком провалів земної поверхні.

На рівні Новолатівської сільради в річку Інгулець щороку офіційно за спеціальним регламентом у міжвегетаційний період (грудень – березень) із ставка – накопичувача балки Свистунова скидається 9-12 млн. м³ не очищених шахтних вод. Регламент таких скидів передбачає розбавлення шахтної води і наступну промивку русла прісною водою з Карачунівського водосховища чи з каналу Дніпро-Кривий Ріг (такий канал діяв до знищення Каховського водосховища). Під час скидання мінералізованих вод, водне середовище р. Інгулець стає значно насиченим хлоридами, сульфатами, нітритами, нітратами, важкими металами та іншими забруднюючими речовинами. У результаті промивки русла (шляхом пропуску за регламентом 60 – 70 млн. м³ прісної води) мінералогічний стан води в річці відносно стабілізується, але при наявності постійних несанкціонованих витоків в річку Інгулець фільтраційних вод відвалів та хвостосховищ не знижується до природного рівня (0,64 г/дм³) і навіть у стабілізаційний період (червень – серпень) мінералізація води на ділянці території проведення досліджень становить 3,2 – 3,7 г/дм³ (проби води відібрані по центру русла річки, 2020 р.), тобто мінералізація залишається в 5 разів вище природного рівня.

Вода у ставку «Марофель» (який живиться переважно підземними водами) до створення хвостосховища була прісною, мінералізація 0,39 г/ дм³ (1971 р.) і використовувалася для поливу городини. При контролі в 2006 р. мінералізація води становила 5,7-7,0 г/дм³, а у 2020 р. її мінералізація досягла 11,6 г/дм³ (зростає в 30 разів), а за хімічним складом стала сульфатно – хлоридно – магнієво-натрієвою з домішками розчинних сполук важких металів. Таким чином, на цей час ставок Марофель площею більше 10 га повністю втратив своє господарське значення і перетворився на техногенний відстійник.

Ставок «Затишний» до 1990 р. був місцем відпочинку селян, мав розміри до 4.5 га, прісну воду та живився підводними джерелами. Станом на 2020 р. цей ставок скоротився до 0,6 га, мінералізація води досягла 6,1 г/дм³ і як об'єкт рекреації він став повністю деградованим.

Аналогічна доля ставка «Західний». Хімічний аналіз складу води (2020 р) показав, мінералізацію 4,04 г/дм³ і хлоридно – сульфатно – кальцієво-магнієво-натрієвий тип і, таким чином, цей ставок також перебуває на стадії деградації.

Важливо відмітити, що постійні фільтраційні витoki води з під відвалів та хвостосховищ за період функціонування цих об'єктів призвели до значних еколого-геологічних порушень території, які проявилися підтопленнями, зсувами, карстовими провалами тощо. Так, наприклад, внаслідок перегородження відвалами «Лівобережні» балки «Вовча», сталося порушення природного напрямку руху поверхневого стоку води і ці води пішли під подошву відвалу. Оскільки в основі відвалу «Лівобережні» залягають малопотужні лесовидні суглинки, елювіальні піски і червоно-бурі глини, а під ними поширені піски і вапняки неогенового віку, то в районі цього відвалу утворився техногенний водоносний горизонт з виходом ґрунтових мінералізованих вод на поверхню, з підтопленням, засоленням і заболоченням більше 270 га площі від відвалів до річки Інгулець.

Східна частина території, прилеглої до відвалу № 2-3 ПАТ «АМКР» на сьогодні підтоплено на площі 81 га, з глибиною рівня підземних вод від 3,9 до 7,8 м.

Фільтраційні потоки від хвостосховища «Войково» та із ставка – накопичувача в балці Свистунова призвели до утворення в 1989 році зсуву на площі 91 га вздовж лівого берега річки Інгулець. Повторна активізація зсувних явищ ще більшої потужності спостерігалася на цій же території в період 1998-2004 рр. та в 2020 -2022 роках. Подошвою зсуву і зоною сковзання в цьому випадку стали зволожені глини неоген-палеогенового віку.

Внаслідок фільтраційних потоків високо – мінералізованих вод в багатьох інших місця дослідженої території спостерігаються руйнування і розчинення вапнякових відкладів,

утворення карстових порожнин і суфозійних воронки, зволоження та набухання палеогенових глин.

Таким чином, фільтрація високо мінералізованих вод з відвалів і хвостосховищ, спричиняє забруднення як поверхневих водойм, так і підземних водоносних горизонтів, а також порушує природні шляхи їх живлення і розвантаження, приводить до підтоплення і засолення земель, обумовлює геотектонічні зсуви та провали. Передбачені проектами відвалів і хвостосховищ системи з перехоплення дренажних та фільтраційних вод недостатньо забезпечують захист водоносних горизонтів від забруднення, відбувається міграція хімічних елементів II-IV класів небезпеки з фільтраційними водами по площі і на глибину. Шляхи міграції високо – мінералізованих вод та накопичення хімічних елементів залежить від тектонічних особливостей території, водопроникності й пористості порід, потужності покривних відкладів та тривалості дії гірничотехнічних об'єктів.

Висновки. На підставі проведених досліджень зроблені наступні висновки:

1. Місця складування відходів видобутку та збагачення залізородної сировини є джерелами інтенсивного хімічного забруднення гідросфери прилеглих територій високо – мінералізованими фільтратами.

2. В динаміці терміну експлуатації відвалів та хвостосховищ найбільш інтенсивне забруднення і підняття рівня підземних вод на всіх горизонтах відбувається у перші 10-15 р.

3. При тривалому функціонуванні відвалів та хвостосховищ рівень хімічного забруднення підземних та поверхневих вод і ареал території забруднення постійно збільшуються, наростають гідрогеологічні процеси: підтоплення і засолення земель, зсуви, провали поверхні.

4. За 60 років діяльності відвалів та хвостосховищ у південній частині Кривого Рогу відбулося хімічне забруднення підземних вод неогенових відкладів на глибину 25-60 м, змінився тип підземних вод: мінералізація і загальна жорсткість збільшилися в десятки разів, води з прісних, стали солоними сульфатно-хлоридно-магнієво-натрієвими.

Список використаних джерел

- Бабушкин В. Д. Изучение гидрогеологических условий месторождений. Москва : Недра, 1971. 247 с.
 Гуляк О. І. Геолого-екологічні дослідження масштабу 1:50000 території Кривбасу. Київ : Геоінформ. 2007. 138 с.
 Живолуп І. В. Про стратегічну екологічну оцінку стану Кривого Рогу: звіт ТОВ науково-дослідне підприємство «Екоексперт». Кривий Ріг, 2019. 81 с.
 Жук С. Г., Лисакова Н. В. Отчет о результатах математического моделирования фильтрации подземных вод, оценки изменений гидрогеологических условий Кривбасса и их прогнозов с обоснованием природоохранных мероприятий, выполненных Криворожской ГРЭ совместно с Комплексной геологической экспедицией ПГО «Севургеология» в 1981–1984 гг. Киев : Геоинформ, 1984. 387 с.
 Натаров Д. В. Отчет о гидрогеологической съемке масштаба 1:25000 кайнозойских отложений южной части Криворожского железорудного бассейна. Киев : Геоинформ. 1951. 361 с.
 Чумаченко В. Є., Кулькова Т. Н. Оцінка регіональних змін інженерно-геологічних умов Кривбасу у зв'язку з розробкою залізородних родовищ. Кривий Ріг. Київ : Геоінформ. 2008. 157 с.

THE INFLUENCE OF WASTE ACCUMULATION SITES FROM MINING AND PROCESSING PLANTS ON THE HYDROSPHERE OF ADJACENT TERRITORIES

V.I. Antonik

Scientific Research Mining Institute of Krivoy Rog National University, Krivoy Rog, Ukraine

I.P. Antonik

Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

The nature and directions of changes in the state of water bodies of the territory, for a long time (50-60 years) adjacent to the storage areas of mining waste (dumps) and enrichment (tailings) of iron ore raw materials, have been studied. It has been established that dumps and tailings are sources of the adjacent territories' intense hydrosphere chemical pollution with highly mineralized filtrates. The most intense pollution and increase in groundwater levels at all horizons occurs in the first 10-15 years. In the future, in proportion to the service life of man-made structures, the area and level of chemical pollution of surface and underground water bodies increases, hydrogeological processes are increasing: flooding of lands, landslides, sinkholes.

Key words: dumps, tailings dumps, filtrates, groundwater, open reservoirs, pollution, flooding of lands.

REFERENCES

- Babushkin, V. D. (1971). *Izuchenie gidrogeologicheskikh uslovii mestorozhdenii* [Study of hydrogeological conditions of localities]. Moskva: Nedra [in Russian].
- Huliak, O. I. (2007). *Heoloho-ekolohichni doslidzhennia masshtabu 1:50000 terytorii Kryvbasu* [Geological and ecological surveys of 1:50000 scale of the territory of Krivbas]. Kyiv: Heoinform [in Ukrainian].
- Zhyvolup, I. V. (2019). *Pro stratehichnu ekolohichnu otsinku stanu Kryvoho Rohu: zvit TOV naukovo-doslidne pidpriemstvo «Ekoexpert»* [On the strategic environmental assessment of the state of Kryvyi Rih: report of the Research Enterprise «Ecoexpert» LLC]. Kryvyi Rih [in Ukrainian].
- Zhuk, S. G., & Lisakova, N. V. (1984) *Otchet o rezultatakh matematicheskogo modelirovaniia filtratsii podzemnykh vod, otcenki izmenenii gidrogeologicheskikh uslovii Krivbassa i ikh prognozov s obosnovaniem prirodookhrannykh meropriiatii, vypolnennykh Krivorozhskoi GRE sovmestno s Kompleksnoi geologicheskoi ekspeditciei PGO «Sevukrgeologiiia» v 1981–1984 gg.* [Report on the results of mathematical modeling of underground water filtration, assessment of changes in the hydrogeological conditions of Krivbass and their forecasts with the completion of nature-saving events performed by the Krivorozhskaya GRE in conjunction with the Complex Geological the expedition of the NGO “Sevukrgeology” in 1981-1984]. Kiev: Geoinform [in Russian].
- Natarov D. V. 1951. *Otchet o gidrogeologicheskoi semke masshtaba 1:25000 kainozoiskikh otlozhenii iuzhnoi chasti Krivorozhskogo zhelezorudnogo baseina* [Report on hydrogeological scale 1: 25,000 Cenozoic reflections of the southern part of the Krivorozhiron basin]. Kiev: Geoinform [in Russian].
- Chumachenko, V. Ye., & Kulkova, T. N. (2008). *Otsinka rehionalnykh zmin inzhenerno-heolohichnykh umov Kryvbasu u zv'iazku z rozrobkoiu zalizorudnykh rodovyshch. Kryvyi Rih* [Assessment of regional changes in engineering and geological conditions of Krivbas in connection with the development of iron ore deposits. Kryvyi Rih]. Kyiv: Heoinform [in Ukrainian].