

Г.П. Євграшкіна

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

**ЕКОЛОГО-ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТЕРИТОРІЙ,
ПРИЛЯГАЮЧИХ ДО ХВОСТОСХОВИЩ КРИВОРІЗЬКОГО
ЗАЛІЗОРУДНОГО БАСЕЙНУ ТА ШЛЯХИ ЇХ РІШЕННЯ.**

Розглянуті і проаналізовані геолого-гідрогеологічні умови та негативні геоекологічні процеси, що виникають в зоні впливу хвостосховища Північного гірничо-збагачувального комбінату. На основі прогнозних розрахунків виконаний аналіз впливу хвостосховища на еколого-гідрогеологічні умови прилеглих територій і запропоновані природоохоронні заходи гідрогеологічного напрямку.

Ключові слова: прогноз, хвостосховище, забруднення, природоохоронні заходи.

Рассмотрены и проанализированы геолого-гидрогеологические условия и негативные геоекологические процессы, возникающие в зоне влияния хвостохранилища Северного горно-обогатительного комбината. На основе прогнозных расчетов выполнен анализ влияния хвостохранилища на эколого-гидрогеологические условия прилегающих территорий и предложены природоохранные мероприятия гидрогеологического направления.

Ключевые слова: прогноз, хвостохранилище, загрязнение, природоохранные мероприятия.

Reviewed and analyzed the geological-hydrological conditions and negative geo-ecological processes that occur in the zone of influence of the Northern GOK. On the basis of predictive calculations of the was performed analysis of the impact of tailings on environmental-hydrogeological conditions of the territory and the proposed environmental protection measures hydrogeological direction.

Key words: prognosis, tailing, pollution, environmental measures.

Криворізький залізорудний басейн є складною природно-технічною системою з яскраво вираженою активізацією негативних геоекологічних процесів. Основні з них: підтоплення територій, прилеглих до хвостосховищ, оскільки вони побудовані без гідроізоляції водовміщуючої частини, складеної різною мірою водопроникними піщаними і суглинистими породами; забруднення водоносних горизонтів унаслідок інфільтрації вод підвищеної мінералізації із хвостосховищ; розвиток процесів вторинного засолення на прилягаючих до хвостосховищ територіях, як наслідок двох перших факторів. Внаслідок підйому рівня забруднених ґрунтових вод вище критичної глибини і збільшення їх витрати на випарування відбувається накоплення солей в зоні аерації.

Найдетальніше ці процеси вивчені на території Північного гірничозбагачувального комбінату. Хвостосховище ПівнГЗКу розташоване в середній частині балки Петриківка, побудовано без екранізації днища та стінок. Водовміщуюча частина представлена новопетрівськими, берекськими і межигірськими пісками з коефіцієнтом фільтрації 3–5 м/добу. У теперішній час мінералізація води в хвостосховищі складає 12 г/дм³, за відсічною дренаю і на території, прилеглої до скидного каналу періодичної дії – 5 г/дм³. Канал експлуатується тільки у разі переповнення хвостосховища, і згідно з аналізом графіків режимних спостережень, цей період характеризується підвищенням рівня і мінералізації ґрунтових вод.

Канал розташований південніше с. Червоне. Він побудований в земляному руслі, складеному суглинками, має трапецієвидну форму; ширина по урізу води

складає 5 м, по днищу – 2 м, глибина наповнення – 3 м. Зважаючи на періодичність дії, кожен момент наповнення характеризується трьома стадіями фільтрації. Перша і друга стадії розраховані в двох варіантах для граничних значень коефіцієнта фільтрації суглинків $K_f = 0,1\text{--}0,4$ м/добу. Фільтраційні витрати склали відповідно 0,69–3,2 м³/добу на 1 м довжини каналу, що відповідає стовпу води 0,138–0,64 м/добу. Тривалість першої та другої стадій фільтрації, розрахована за методикою С. Ф. Авер'янова, [1] складе 4,2 – 15,7 доби. Третя стадія фільтрації – розтікання бугра охарактеризована в таблиці 1. Первинний бугор складає 5,0 м, це відстань від поверхні води в каналі до рівня ґрунтових вод перед наповненням каналу.

Таблиця 1

Розтікання іригаційного бугра після припинення подачі води у канал					
Час t, діб	Величина залишкового бугра, м		Час t, діб	Величина залишкового бугра, м	
	$K_f=0,4$ м/добу	$K_f=0,1$ м/добу		$K_f=0,4$ м/добу	$K_f=0,1$ м/добу
1	1,13	2,22	200	0,08	0,15
2	0,8	1,55	250	0,07	0,14
5	0,51	1,02	300	0,06	0,13
10	0,36	0,71	365	0,05	0,12
25	0,23	0,48	730	0,035	0,087
50	0,16	0,32	1095	0,035	0,071
100	0,11	0,24	1460	0,035	0,055

Бугор розтікається впродовж року, якщо виник за 4–15 діб. Тому використовувати цей канал доцільно не частіше одного разу в рік з тривалістю наповнення не більше 15 діб. В результаті розтікання бугра відбувається підйом рівня ґрунтових вод на прилеглих територіях. Цей процес описується одномірним рівнянням Фур'є виду:

$$\frac{d^2 H}{dx^2} = \frac{1}{a} \cdot \frac{dH}{dt}. \quad (1)$$

Його аналітичне рішення для розрахункової схеми «напівобмежений шар» отримано Н.Н. Верігіним методом суперпозиції. Канал на третій стадії фільтрації є границею I роду. Рішення має такий вигляд:

$$\Delta H = \Delta H^0 \operatorname{erfc} \lambda \quad \lambda = \frac{x}{2\sqrt{at}}. \quad (2)$$

У формулах (1) та (2) прийняті наступні позначення:

H – гідродинамічний напір, м;

a – коефіцієнт рівнепровідності, м²/добу;

x – просторова координата, відстань від уріза води в каналі, до розрахункової точки, м;

t – часова координата, тривалість розрахункового періоду, діб;

ΔH^0 – перевищення рівня води у каналі над рівнем ґрунтових вод до наповнення каналу, м;

ΔH_x – підйом рівня ґрунтових вод у розрахунковій точці на відстані x від урізу води в каналі, м;

$\operatorname{erfc} \lambda$ – табульована функція.

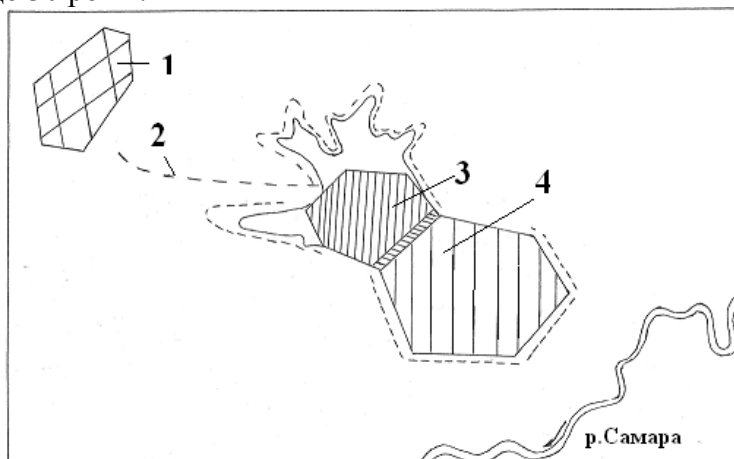
Результати розрахунку підйому рівня ґрунтових вод на прилеглих територіях представлені у табл.2.

Таблиця 2

Результати розрахунку підйому рівня ґрунтових вод на прилеглих територіях						
Координата розрахункової точки $x, \text{м}$	Тривалість підйому t , діб					
	$K_f=0,4 \text{ м/добу}$			$K_f=0,4 \text{ м/добу}$		
	1	5	10	1	5	10
1	2	3	4	5	6	7
1	6,54	6,79	6,86	6,09	6,59	6,71
5	4,77	5,99	6,29	2,90	5,00	5,57
10	2,89	5,00	5,57	0,71	3,26	4,24
15	1,54	4,09	4,89	0,10	1,92	3,07
20	0,72	3,27	4,24	0,007	1,00	2,11
25	0,37	2,53	3,63	0,0	0,48	1,37
30	0,10	1,92	3,07	0,0	0,20	0,85
35	0,029	1,41	2,56	0,0	0,07	0,49
40	0,007	1,01	2,11	0,0	0,02	0,27
50	0,0	0,48	1,37	0,0	0,0014	0,07

Якщо канал буде заповнений водою за 10 діб, то рівень ґрунтових вод підніметься вище критичної глибини (2,2 м) в прилеглий до нього смугі шириною 10–15 м. Тут в результаті випару завжди відбувається накопичення солей у верхньому шарі зони аерації, але перехід порід в категорію слабозасолених відбувається тільки при глибині залягання РГВ $\leq 0,9 \text{ м}$ і мінералізації ґрунтових вод $C_T \geq 5 \text{ г/дм}^3$. У реальних умовах підйом рівня ґрунтових вод на цій території може виявитися більше за розрахунковий, оскільки фільтраційний потік тут розвантажується з боку хвостосховища і схилу.

На протилежній стороні (рис.1) розвантаження фільтраційного потоку, спрямованого від хвостосховища, відбувається в р. Саксагань. Для цієї території виконана кількісна оцінка забруднення підземних і поверхневих вод на тривалі терміни від 1 до 30 років.



Умовні позначення:

- | | |
|-----------------|--|
| 1 – с. Червоне; | 3 – ставок зворотного водозабезпечення ; |
| 2 – канал; | 4 – Хвостосховище ПівніГЗКу. |

Рисунок 1 – Схематичне розташування хвостосховища.

Сучасні методи кількісної оцінки техногенного забруднення підземних вод і ґрунтів зони аерації базуються на основних положеннях теорії фізико-хімічної гідродинаміки пористих середовищ, згідно якої ці процеси описуються рівняннями руху і збереження маси речовини другого порядку в частинних похідних з граничними умовами I, II і III роду. Процес забруднення підземних вод під впливом фільтрації високомінералізованих вод з хвостосховища достатньо точно описується рівнянням за лініями струму

$$D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V \frac{\partial C}{\partial x} = m \frac{\partial C}{\partial t}, \quad (3)$$

де D – коефіцієнт гідро дисперсії, комплексний узагальнений параметр, кількісно характеризуючий всі фактори розсіювання речовини, які супутні фільтрації, м²/добу;

V – швидкість фільтрації, м/добу;

m – активна пористість, частки одиниць;

C – мінералізація підземних вод, г/дм³;

x – просторова координата, м;

t – часова координата, діб.

Перший етап досліджень – це рішення інверсної задачі, яка полягає в знаходженні міграційних параметрів D , V і m . Швидкість фільтрації обчислювалася за даними режимних спостережень із застосуванням закону Дарсі. Активна пористість в дослідженнях приймалася по рекомендаціях Бера і Заславські [2]. Найбільші труднощі виникають при визначенні важливого параметра масопереносу – коефіцієнта гідродисперсії D . Різні методи його обчислення достатньо детально описані в літературі [1,3,4,5,6,7,8]. У монографії [4] запропоновано аналітичне рішення рівняння

$$D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V \frac{\partial C}{\partial x} = 0, \quad (4)$$

відносно параметра D . Воно має вигляд:

$$D = \frac{V \Delta x}{\ln(\bar{C} - 1)}, \quad \bar{C} = \frac{C_{i-1} - C_{i+1}}{C_{i-1} - C_i} \quad (5)$$

і може бути застосовано, якщо визначена мінералізація підземних вод в трьох спостережних свердловинах C_{i-1} , C_i , C_{i+1} . Недолік методу: свердловини мають бути розташовані на однакових відстанях один від одного Δx , м. Метод інтегральних перетворень В.Б. Георгіївського [3] є бездоганним математично, але при рішенні практичних задач можливі істотні погрішності. Це пов'язано з тим, що в процесі розрахунків виникає необхідність множити малі прирости функції на великі коефіцієнти і тому незначні помилки польових спостережень, або лабораторних визначень, істотно зростають. Чисельно-аналітичний метод [7] не має недоліків попередніх двох методів, але він розроблений для математичних моделей вертикального солепереносу в системі «зона аерації – підземні води». На територіях, прилеглих до хвостосховища, переважає горизонтальна складова швидкості фільтрації, тому для вирішення задач в такій постановці цей метод не придатний. При мінімумі початкової інформації параметр D в першому наближенні можна оцінити за формулою С.Ф. Авер'янова [1], яка також є аналітичним рішенням рівняння (4).

$$D = \frac{VL}{2 \ln \frac{C_{x6}}{C_p}}, \quad (6)$$

де C_{x6} – мінералізація води в хвостосховищі, г/дм³;
 C_p – мінералізація води у річці, г/дм³;
 L – відстань від хвостосховища до річки за лініями струму, м;
 V – швидкість фільтрації, м.

За наявності не менше ніж двократних режимних спостережень по трьом і більше свердловинам рівняння (3) записується в кінцевих різницях по рівномірній або нерівномірній схемам:

$$D \frac{C_{i-1}^{\tau} - 2C_i^{\tau} + C_{i+1}^{\tau}}{(\Delta x^2)} - V \frac{C_{i-1}^{\tau} - C_i^{\tau}}{\Delta x} = m \frac{C_i^{\tau+1} - C_i^{\tau}}{\Delta t},$$

$$D \left(\frac{C_{i-1}^{\tau} - C_i^{\tau}}{\Delta x_1} - \frac{C_i^{\tau} - C_{i+1}^{\tau}}{\Delta x_2} \right) \div \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2}{2} - V \frac{C_{i-1}^{\tau} - C_{i+1}^{\tau}}{\Delta x_1 + \Delta x_2} = m \frac{C_i^{\tau+1} - C_i^{\tau}}{\Delta t}. \quad (7)$$

При рішенні інверсної задачі явна і неявна схеми рівнозначні по точності. Загальний недолік усіх розглянутих методів: вони визначають узагальнені розрахункові значення шуканих параметрів, іноді на шкоду їх фізичному змісту. Визначення параметра D в лабораторних умовах має великі переваги в тому, що зберігається фізичний зміст визначуваних величин. Проте нетотожність лабораторних і природних умов також містить погрішність, величину якої поки що не вдалося оцінити кількісно. В усіх випадках в лабораторних умовах не можна врахувати макродисперсію із-за малих розмірів фізичних моделей.

На цьому етапі забезпеченості початковою інформацією коефіцієнт гідродисперсії розрахований по формулі (6). Його величина $D=9,8$ м²/добу дозволяє стверджувати, що для цих умов характерна розрахункова схема «неупорядкована макродисперсія» і уточнити розрахункове значення D за формулою, запропонованою В.М. Шестаковим [9].

Середня, за лінією струму швидкість фільтрації змінюється в межах 0,015–0,020 м/добу, коефіцієнт гідродисперсії, визначений вищеописаними методами, склав 9,3–24,75 м²/добу. За 10 років ізоляція 3 г/дм³, що обмежує фронт забруднення переміщається у бік річки Саксагань на 1600–1800 м. Рішення отримано аналітичним методом Бреннера і чисельним, з реалізацією методом прогонки. Результати розрахунків добре узгоджуються.

Висновки. Аналіз результатів прогнозних розрахунків показує, що для прогнозування процесів забруднення підземних вод найбільш прийнятна схема «неупорядкована макродисперсія».

Коефіцієнт гідродисперсії доцільно визначати комплексно за режимними спостереженнями аналітичними і чисельними методами, вони добре доповнюють один одного.

Для попередження подальшого забруднення підземних вод слід збільшити об'єм хвостосховища, поділити його на дві частини і експлуатувати послідовно, заздалегідь створивши колоїдно-сольовий екран сорбуючий макрокомпоненти, з почерговим його оновленням. В цьому випадку припиняться процеси вторинного засолення, але фільтрація води з хвостосховища не закінчиться.

Скидний канал слід ліквідувати. На підтопленій території біля с. Червоне доцільно створити водойма для розведення риби, оскільки геоморфологічні умови території несприятливі для ефективної роботи дренажу.

На прилеглих до хвостосховища територіях необхідно організувати гідрогеологічний моніторинг на локальному рівні відповідно до рекомендацій, приведених в роботі [7].

Бібліографічні посилання

1. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. – М.: Колос, 1978. – 288 с.
2. Бэр Я., Заславски Д., Ирмей С. Физико-математические основы фильтрации воды: Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 451 с.
3. Георгиевский В.Б. Унифицированные алгоритмы для определения фильтрационных параметров. – К.: Наукова думка, 1971. – 328 с.
4. Гидродинамические и физико-химические свойства горных пород/ С.В. Васильев, Н.Н. Веригин, В.С. Саркисян, Б.С. Шержуков/ под ред. Н.Н. Веригина. – М.: Недра, 1977. – 271 с.
5. Мироненко В.А. О некоторых спорных тенденциях в исследованиях миграции подземных вод// Геоэкология. – М.: Наука, 1993. №5. – С. 3-12.
6. Brenner H. The diffusion model longitudinal mixing in beds of finite length Numerical values// Chem. Engng. Sci. – 1962. №1. – P. 229 – 243.
7. Евграшкина Г.П. Влияние горнодобывающей промышленности на гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия территорий: монография – Д.: Изд-во Монолит, 2003. – 200 с.
8. Ситников А.Б. Динамика влаги и солей в почвогрунтах зоны аэрации. – К.: Наукова думка, 1986. – 151с.
9. Шестаков, В.М. Динамика подземных вод / В.М. Шестаков. – М.: Изд-во МГУ, 1979. – 368 с.