

- Приставка А. Ф. Вычислительные методы и программная среда корреляционного и регрессионного анализа / А. Ф. Приставка, А. И. Передерий, О. В. Райко, В. М. Остропицкий – Д., 1996. – 191 с.
- Королев В. А. Термодинамика грунтов / В. А. Королев. – М., 1995. – 272 с.

Надійшло до редколегії 20.11.09

УДК 556.332.4.55

**М. А. Єрченко, В. В. Войцеховська**

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара*

## **ПРОГНОЗ ВТОРИННОГО ЗАСОЛЕННЯ ПОРІД ЗОНИ АЕРАЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ, ПРИЛЕГЛІЙ ДО СКИДНОГО КАНАЛУ**

Виконано прогноз вторинного засолення порід зони аерації на території, прилеглій до скидного каналу біля хвостосховища Північного гірничозбагачувального комбінату за математичними моделями, які побудовані за допомогою теорії фізико-хімічної гідродинаміки пористих середовищ.

*Ключові слова:* прогноз, скидний канал, хвостосховище, математична модель.

Выполнен прогноз вторичного засоления пород зоны аэрации на территории, прилегающей к сбросному каналу возле хвостохранилища Северного горнообогатительного комбината на основе математических моделей, которые построены при помощи теории физико-химической гидродинамики пористых сред.

*Ключевые слова:* прогноз, сбросный канал, хвостохранилище, математическая модель.

Done weather secondary salinization aeration zone rocks in the area adjacent to the escape channel near the collector of Northern Mining Plant by mathematical models are built based on the theory of physicochemical hydrodynamics of porous media.

*Key words:* weather, escape channel, collector, mathematical model.

**Стан проблеми.** Для гірничовидобувної промисловості характерний негативний вплив на довкілля, який неминуче викликає його зміну. У процесі виробництва порушуються повністю або частково природні умови і формуються нові. Зокрема, такі зміни відбиваються на гідрогеологічних умовах у зоні розміщення промислових об'єктів. Так відбувається виснаження і забруднення підземних і поверхневих вод, підтоплення та заболочування прилеглих територій, засолення ґрунтів, а також небачані гідрогеохімічні зміни.

Найголовнішим фактором перетворення навколишнього середовища є техногенні процеси, які формуються при експлуатації гірничовидобувних підприємств. Зміни довкілля охоплюють значні території і у сукупності великого комплексу техногенних процесів у районі гірничовидобувних підприємств формується техногенез гірничого профілю, в результаті його інтенсивного впливу відбувається перетворення верхньої частини літосфери і довкілля в цілому [2].

Одним з найбільш техногенно навантажених регіонів України є Криворізький залізорудний басейн. На території Кривбасу розміщені шахти, рудники, кар'єри та збагачувальні фабрики. Дана робота розглядає скидний канал розташований на території Криворізького північного збагачувального комбінату (ПівнГЗК), південніше с. Червоне. Він характеризується періодичністю дії і використовується тільки у

випадку переповнення хвостосховища ПівнГЗК. До хвостосховища безперервно відбувається скид води із копалень ім. Леніна, «Гвардійської» та «Центральної» кар'єрів «Анновський» і «Першотравневий», а також побутових стоків. Канал побудований без екранізації водовміщуючої частини в земляному руслі, складеному суглинками. Під впливом фільтрації високомінералізовані скидні води потрапляють до водоносного горизонту, що призводить до його забруднення. На досліджуваній території мінералізація становить 5 г/дм<sup>3</sup>, рівень ґрунтових вод на глибині 0,9 м. За даних умов відбувається розвиток процесів вторинного засолення ґрунтів і порід зони аерації.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є кількісна оцінка процесу вторинного засолення на досліджуваній ділянці і подальший прогноз щодо його розвитку.

**Викладення основного матеріалу.** Методи прогнозу засолення базуються на теорії фізико-хімічної гідродинаміки пористих середовищ, відповідно до якої дані процеси описуються рівняннями руху і збереження маси речовини. На досліджуваній території відбувається, переважно, вертикальний солеперенос у режимі випарювання. В усталеному режимі даний процес описується одновимірним рівнянням масопереносу

$$D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + V \frac{\partial C}{\partial x} = 0, \quad V = V_1 - V_2,$$

де,  $C$  – засолення ґрунтів зони аерації, г/дм<sup>3</sup>;  $V_1$  – швидкість висхідного потоку води, м/доб;  $V_2$  – швидкість низхідного потоку води, м/доб;  $x$  – просторова координата, м;  $D$  – коефіцієнт гідродисперсії, м<sup>2</sup>/доб.

Математична модель вертикального вологопереносу для цих умов у неусталеному режимі має вигляд:

$$D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + V \frac{\partial C}{\partial x} = n \frac{\partial C}{\partial t},$$

де,  $n$  – об'ємна вологість, ч. о;  $t$  – часова координата, доб.

Інші позначення наведені раніше.

Рівняння (2) аналітичного розв'язання для висхідного потоку не має, тому характеристики розвитку вторинного засолення у часі використано його кінцево-різницеве відображення за явною схемою

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

де,  $i-1, i, i+1$  – просторові індекси розрахункових точок;  $\tau, \tau+1$  – часові індекси розрахункових точок;  $C_{i-1}, C_i, C_{i+1}$  – засолення у розрахункових точках, %.

У [5] також використане аналогічне рішення за явною кінцево-різницевою схемою, але в даній роботі обрана ліва різниця, тому що за результатами чисельного експерименту визнана як найбільш точна.

Розв'язання практичної комплексної задачі кількісної оцінки накопичення солей у зоні аерації за результатом розвитку процесів вторинного засолення починається з інверсної її частини – визначення міграційних параметрів, коефіцієнтів рівнянь (1) і (2).

Для визначення величини  $V_1$  застосовуємо формулу С. Ф. Авер'янова [1]

$$V_1 = V_0 \left( 1 - \frac{Z}{Z_k} \right)^k,$$

$V_1$  – витрати підземних вод на випаровування, м/доб;  $V_0$  – випаровуваність, м/доб;  $Z$  – глибина залягання ґрунтових вод, м;  $Z_k$  – критична глибина, м;  $k$  – показник ступеня, який дорівнює 1,2 – 3 [1].

Величини випаровуваності  $V_0$  одержані за результатами лізіметричних спостережень М. М. Коппеля, [3; 4], наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати визначення випаровуваності

Випаровуваність, мм												
місяці												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	За рік
4,8	5,5	12,6	58,1	113,3	131,7	137,2	131,9	94,8	32,7	11,8	6,2	740,6
Випаровуваність, м/доб												
0,000015	0,000019	0,00004	0,00194	0,00365	0,00439	0,00443	0,00423	0,00316	0,00105	0,00038	0,0002	0,002

У таблиці 2 наведені результати розрахунків величини  $V_1$  за такими початковими даними:  $Z = 0,9$  м,  $Z_k = 3,0$  м,  $k = 2$  і 1,5. Такі умови відповідають процесам соляпереносу територію, прилеглої до північно-західної частини скидного каналу. Зона аерації і водоносний горизонт складені середніми суглинками.

Таблиця 2

Результати розрахунку випарування з рівня ґрунтових вод

Випаровування $V_1$												
місяці												
k=2												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Середньорічна величина, м/доб
0,000076	0,000096	0,0000196	0,00095	0,00179	0,00215	0,00217	0,00207	0,00155	0,00051	0,00019	0,000098	0,00097
k=1,5												
0,000091	0,000115	0,000234	0,00114	0,00214	0,00257	0,00259	0,00248	0,00185	0,000615	0,000223	0,000117	0,00118

Величина  $V_2$  розрахована за умовою, що атмосферні опади  $A$  за кількістю 409 мм/рік урівних частинах витрачаються на випаровування, поверхневий стік і інфільтрацію. Розрахунки дали такі результати:  $V_2 = 0,00037$  м/доб,  $V = 0,0006$  м/доб.

Другий міграційний параметр – коефіцієнт гідродисперсії, розраховуємо за формулою С. Ф. Авер'янова, яка є аналітичним розв'язанням рівняння (1) відносно  $D$

$$D = \frac{VL}{2 \ln \frac{C_e}{C_0}}, \quad (5)$$

де  $C_z$  – засолення на рівні розташування ґрунтових вод, %;  $C_0$  – засолення на поверхні, %;  $x$  – потужність зони аерації, м.

Інші позначення наведені раніше.

Розрахунки параметра були виконані за такими початковими даними: засоленість на поверхні землі  $C_0 = 0,024$  %; вміст солей у ґрунтових водах при мінералізації  $5 \text{ г/дм}^3 - C_z = 0,072$  %; потужність зони аерації  $h=0,9$  м. Коефіцієнт гідродисперсії за результатами розрахунків дорівнює  $0,00025 \text{ м}^2/\text{доб}$ .

Прогнозний розрахунок строком на 10 років виконуємо за явною кінцево-різницевою схемою (3) при виконанні критеріїв стійкості:

$$\Delta x \leq \frac{2D}{V}, \Delta t \leq \frac{(\Delta x)^2}{2D} \quad (6)$$

$$\Delta x \leq \frac{2 \cdot 0,00025}{0,06} \leq 0,83 \text{ м}$$

$$\Delta t \leq \frac{(0,83)^2}{2 \cdot 0,00025} \leq 1389 \text{ днів} = 3,8 \text{ років}$$

Для детальної характеристики процесу, який досліджується у просторі і часі у подальших розрахунках приймаємо  $\Delta x = 0,45$  м;  $\Delta t = 365$  днів.

Результати розрахунків наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Прогнозне засолення на різні розрахункові періоди (n=2)

№ р. т	Глибина, м	Поч. засол., %	Прогнозне засолення %									
			1 рік	2 роки	3 роки	4 роки	5 років	6 років	7 років	8 років	9 років	10 років
0	0	0,024	0,27	0,47	0,70	0,97	1,29	1,67	2,12	2,66	3,28	4,02
1	0,45	0,024	0,19	0,39	0,62	0,89	1,22	1,60	2,05	2,58	3,21	3,95
2	0,9	0,072	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

**Висновки.** 1. Результати розрахунків суттєво відрізняються від раніше виконаних із застосуванням лабораторних методів визначення міграційних параметрів [5].

2. Лізіметричним спостереженням при їх наявності слід віддавати перевагу перед лабораторними, оскільки вони виконуються у природних умовах.

3. З аналізу результатів розрахунку видно, що процеси вторинного засолення на території прилеглої до скидного каналу розвиваються досить інтенсивно.

4. На розрахунковий термін 10 років стабілізація засолення не відбувається.

### Бібліографічні посилання

1. Аверьянов С. Ф. Борьба с засолением орошаемых земель / С. Ф. Аверьянов. – М., 1978. – 288 с.
2. Базарова С. Б. Воздействие горнодобывающих предприятий на экосистему региона // оценка эффективности их экологической деятельности / С. Б. Базарова // Региональная экономика и управление: электр. науч. журн. Вятский государственный университет – [Электронный ресурс] – 2007. – №2 (10). – Режим доступа: <http://region.mcnip.ru>.
3. Евграшкина Г. П. Прогноз солевого режима почв и ґрунтов зони аерації Фрунзенського зрошуваного масива методами математического моделирования / Г. П. Евграшкина

- М. М. Коппель // Мелиорация и водное хозяйство. – К., 1978. – Вып. 43. – С. 56–63.
- Евграшкина Г. П. Определение гидрохимических параметров на примере Каменской оросительной системы / Г. П. Евграшкина, Т. И. Шмалий // Гидрохимические исследования поверхностных и подземных вод. – Д., 1995. – С. 17–24.
- Евграшкина Г. П. Прогноз развития процессов вторичного засоления почвогрунтов в регионах горнодобывающей промышленности / Г. П. Евграшкина, Н. П. Шерстюк // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Геологія, географія. – 2008. – Вип. 11, № 312. – С. 32–38.

Прийнято до редколегії 17.12.09

550(8+85):551.247:(553.25/29):(622.023:03)

Л. П. Босевская

Дніпропетровський науково-дослідницький інститут соляної промисловості (УкрНИИсоль)

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОЛЯНЫХ МАССИВОВ, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ КАК СРЕДЫ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

У теперішній час соляні масиви розглядаються не лише як об'єкти видобутку корисної мінеральної речовини – кам'яної солі, а й також як сприятливе геологічне середовище для розміщення підземних об'єктів різноцільового призначення. До теперішнього часу не існує загальноприйнятої синергетичної системи інженерно-геологічної оцінки соляних масивів. Запропоновані основні принципи системного підходу до вирішення питань збереження рівноважної системи при створенні в кам'яній солі техногенних порожнин різного призначення.

*Ключові слова:* соляні масиви, системний підхід, інженерно-геологічна оцінка.

В настоящее время соляные массивы рассматриваются не только как объект добычи полезных ископаемых – каменной соли, а также как благоприятная геологическая среда для размещения подземных объектов разнопланового назначения. До настоящего времени не существует общепринятой синергетической системы инженерно-геологической оценки соляных массивов. Предложены основные принципы системного подхода к решению вопросов сохранения равновесной системы при образовании в каменной соли техногенных прожилков различного назначения.

*Ключевые слова:* соляные массивы, системный подход, инженерно-геологическая оценка.

At present time rock salt bodies are considered to be not only an object for mining operations (rock salt) but also a favorable geological environment for allocating different under-ground objects. Yet to this day there is no generally accepted synergetic system of engineering-geological estimation of rock salt bodies. In the paper given they propose underlying principles of system approach to solving issues of keeping equilibrium system under creating man-caused cavities of different purposes in rock salt bodies.

*Key words:* Hydrochloric files, the system approach, engineering-geological estimation

**Постановка вопроса и задачи исследований.** В приповерхностной части земной коры находится значительное количество соляных залежей различной морфологии. Только на Украине мощные соленосные отложения имеют место в Днепровско-Донецкой впадине, в пределах Предкарпатского краевого и Карпатского внутреннего прогибов. Учитывая, что каменная соль обладает рядом специфических свойств (высокой пластичностью, высокой прочностью, непроницаемостью, антисептичностью, инертностью к углеводородам и т. п.), в настоящее время