

Прогнозирование процесса солепереноса на нерекультивированном отвале шахты “Самарская”

Г.П. Евграшкина, доктор географических наук

А.И. Гежий, аспирант

Днепропетровский национальный университет имени О. Гончара

Виконано прогнозний розрахунок зміни засолення на нерекультивованому відвалі шахти “Самарська” з епігнозним обчисленням. Епігноз, як характеристика гідрогеологічного процесу, використовується для оцінки достовірності математичних моделей досліджуваного процесу.

В связи с проблемой защиты подземных вод от загрязнения, опасность которого возникает при добыче угля, возрастает необходимость в исследовании процессов солепереноса. Исследование процессов солепереноса требует использования математических методов при решении проблем загрязнения и минерализации грунтовых вод, а также при составлении прогнозов вторичного засоления.

Проблема засоленности грунтов рассматривалась с использованием различных методов. Балансовый метод, например, основан на расчетах баланса грунтовых вод, их состава и выноса солей в корнеобитаемую часть почвы на будущем орошаемом массиве [1, 2]. Аналитические методы основываются на математическом описании процессов передвижения солей под влиянием конвективной диффузии и растворения [3]. Эти методы применяли для изучения нерекультивированных земель.

Для земель Западного Донбасса прогнозирование процессов солепереноса впервые было изучено и изложено в монографии Г.П. Евграшкиной [4].

Автор рассматривает математические модели вертикального солепереноса для трех видов шахтных отвалов: отсыпанные без рекультивации, рекультивированные в условиях богарного земледелия и с использованием систематического орошения [5].

Целью нашего исследования было оценить достоверность предложенной математической модели путем сопоставления результатов прогнозных расчетов с двукратными натурными наблюдениями на нерекультивированных отвалах шахты Самарская. Нами впервые рассматривается задача для конкретных отвалов шахты “Самарская”.

Результаты исследований и их обсуждение. По имеющимся двукратным определениям содержания солей в отвале, отсыпанном без рекультивации, была выполнена проверка адекватности математической модели природным процессам солепереноса. Для этого проведен эпигнозный расчет изменения засоленности сроком на 20 лет (1978–1998 гг.) и прогноз на 2018 г. Результаты

эпигнозных расчетов хорошо согласуются с натурными наблюдениями. Это является достаточным доказательством адекватности модели.

Прогнозный расчет выполнен аналитическим методом с использованием фундаментального решения С.Ф. Аверьянова [6].

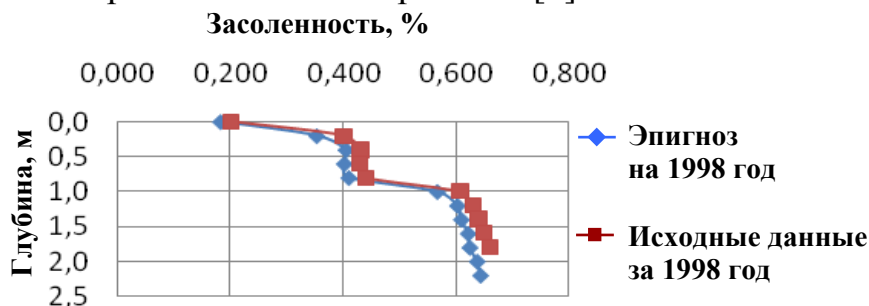


Рис. 1. График эпигнозной засоленности ш. "Самарская" на 1998 год

Исходные данные для нашего расчета – результаты определения засоленности по состоянию на 1978 год (рис. 1, табл. 1). Задача была решена с выполнением эпигноза на 1998 год. Эпигноз – это характеристика гидрогеологического процесса в прошедшем времени. Он является надежным фактором оценки адекватности модели натурным условиям.

1. Результаты расчета динамики солепереноса на отвале ш. "Самарская" за 1998 год

Исходные данные за 1978 г	x	\bar{x}	$erfc z1$	$erfc z2$	$ierfcz1$	\bar{c}	C_p	C_n	$\frac{C_n - C_p}{C_n} \cdot 100$
0,46	0,00	0,00	0,865	0,865	0,452	0,756	0,197	0,2	1,50
0,35	0,20	0,189	0,840	0,890	0,435	0,764	0,392	0,4	2,00
0,3	0,40	0,378	0,815	0,916	0,419	0,771	0,429	0,43	0,23
0,36	0,60	0,567	0,790	0,941	0,395	0,780	0,420	0,428	1,87
0,45	0,80	0,756	0,765	0,967	0,379	0,788	0,435	0,44	1,14
0,49	1,00	0,944	0,741	0,992	0,364	0,795	0,591	0,607	2,64
0,5	1,20	1,133	0,716	1,018	0,349	0,802	0,626	0,63	0,63
0,5	1,40	1,322	0,693	1,044	0,335	0,809	0,635	0,64	0,78
0,5	1,60	1,511	0,669	1,069	0,314	0,817	0,648	0,65	0,31
0,52	1,80	1,700	0,646	1,095	0,301	0,824	0,649	0,66	1,67
0,60	2,00	1,889	0,623	1,120	0,288	0,830	0,657		
0,606	2,20	2,078	0,600	1,146	0,272	0,837	0,663		

Процесс одномерного вертикального солепереноса в породах зоны аэрации, в том числе и шахтных отвалов, описывается уравнением С.Ф. Аверьянова

$$D = \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V \frac{\partial C}{\partial x} = m \frac{\partial C}{\partial t}, \quad (1)$$

где D – коэффициент гидродисперсии, м²/сут;

V – скорость вертикального солепереноса, м/сут;

m – объемная влажность, доли ед.;

C – минерализация движущегося порового раствора плотности сухого грунта, %;

t – срок прогнозного или эпигнозного расчета, временная координата, сут;

x – пространственная координата расчетной точки, м (рис. 2, табл. 2).

2. Результаты прогнозного расчета динамики солепереноса на отвале ш. “Самарская” на 2018 год

x	\bar{x}	Z_1	Z_2	$Z_1^2 - Z_2^2$	$e^{z_1^2 - z_2^2}$	$erfc z_1$	$erfc z_2$	$ierfc Z_1$	\bar{C}	C
0	0	0,143	0,120	0	1	0,864	0,864	0,452	0,755	0,151
0,2	0,188	0,143	0,097	0,010	1,011	0,839	0,890	0,435	0,763	0,305
0,4	0,377	0,165	0,074	0,021	1,022	0,814	0,915	0,418	0,771	0,331
0,6	0,566	0,188	0,052	0,032	1,033	0,789	0,941	0,395	0,780	0,333
0,8	0,755	0,211	0,029	0,043	1,044	0,764	0,966	0,378	0,787	0,346
1	0,944	0,234	0,006	0,054	1,056	0,740	0,992	0,363	0,794	0,482
1,2	1,133	0,256	-0,016	0,065	1,067	0,716	1,018	0,349	0,801	0,505
1,4	1,322	0,279	-0,038	0,076	1,079	0,692	1,043	0,334	0,808	0,517
1,6	1,511	0,302	-0,061	0,087	1,091	0,668	1,069	0,314	0,817	0,531
1,8	1,7	0,325	-0,084	0,098	1,103	0,645	1,094	0,301	0,823	0,543

Для определения коэффициента гидродисперсии D использовано аналитическое решение уравнения (1) в установившемся режиме

$$D = \frac{V \cdot x}{2 \ln \frac{C_x}{C_0}},$$

где C_0 – засоленность пород при $x = 0$;

C_x – засоленность в точке с координатой x , м.

Среднегодовая (среднемноголетняя) величина скорости вертикального влагопереноса для вновь отсыпанных нерекультивированных отвалов, которые не имеют растительного покрова, составляет

$$V_{o.ч.} = \frac{A + И}{1000 \cdot t},$$

где V – скорость вертикального влагопереноса нерекультивированного отвала, м/сут.

Использовано аналитическое решение [6]:

$$\bar{C} = 0,5 \cdot [erfcz_2 + e^{z_1^2 - z_2^2} (erfcz_1 - 4a \cdot ierfcz_1)],$$

где \bar{C} – приведенная засоленность, безразмерная величина.

Истинная засоленность составляет

$$C = \bar{C} \cdot (C_{исх} - C_n) + C_n,$$

где C_n – минерализация водопоступления;

$C_{исх}$ – исходное засоление, %;

$ierfc$ – табулированная функция;

a – комплексный параметр, рассчитанный по формуле

$$a = \frac{V / m \cdot \sqrt{t}}{2 \cdot \sqrt{D / m}}.$$

Величины z_1 и z_2 определяют как:

$$z_1 = a (1 + \bar{x}); z_2 = a (1 - \bar{x}),$$

где \bar{x} – приведенная координата, безразмерная величина; $\bar{x} = x / x_0$;

x_0 – зона максимального промачивания; $x_0 = V / m \cdot t$.

Величины расхождения натуральных и расчетных значений эпигнозной засоленности изменяются от 0,23 до 2,64 %. Это достаточно высокий показатель точности. Так как результаты эпигноза хорошо согласуются с натурными наблюдениями, то и данные прогноза следует считать достоверными.

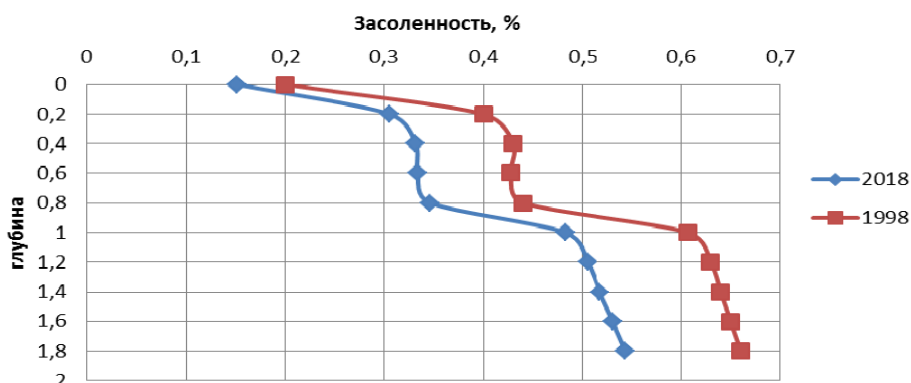


Рис. 2. График прогноза засоленности ш. “Самарская” на 2018 год

Исходя из прогнозного расчета следует, что на нерекультивированных шахтных отвалах происходит вынос солей из верхних горизонтов в нижележащие. Зона рассоления через 20 лет составит 0,5 м.

В результате выполненных исследований можно сделать следующий вывод: предложенная математическая модель является адекватной, и может использоваться при решении проблем загрязнения и минерализации грунтовых вод, а также при составлении прогнозов вторичного засоления.

Библиография

1. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв: [в 2 т.] / В.А. Ковда. – М.; Л. : Изд-во АН СССР, 1947. – Т.2. – 47 с.
2. Решеткина Н.М. О проблемах и принципах освоения целинных земель / Н.М. Решеткина, А.А. Рачинский // Гидротехника и мелиорация. – 1964. – № 8. – С. 15.
3. Веригин Н.Н. Некоторые вопросы химической гидродинамики, представляющие интерес для мелиорации и гидротехники / Н.Н. Веригин // Изв. АН СССР. ОТН. – 1953. – № 10. – С. 98.
4. Евграшкина Г.П. Влияние горнодобывающей промышленности на гидрогеологические и почвенно-мелиоративные условия территорий / Г.П. Евграшкина. – Днепропетровск : Монолит, 2003. – 200 с.
5. Евграшкина Г.П. Прогноз солевого режима рекультивированных шахтных отвалов / Г.П. Евграшкина // Мелиорация и водное хозяйство. – К. : Урожай, 1987. – Вып. 66. – С. 4–49.
6. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель / С.Ф. Аверьянов. – М. : Колос, 1978. – 288 с.