

УДК 631.6:626.87

С. В. САНОЯН, Г. М. ЕГИАЗАРЯН

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТУПИКОВЫХ ПОР И ЗАСТОЙНЫХ ЗОН НА КИНЕТИКУ ОПРЕСНЕНИЯ РАСТВОРА ПРИ ПРОМЫВКЕ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Исследовано влияние тупиковых пор и застойных зон на кинетику опреснения при промывке засоленных почв. Лабораторные исследования и теоретические обоснования позволили получить общее уравнение воды и солей, где учитывается наличие тупиковых пор и застойных зон в среде. Такое решение вопроса позволяет обосновать и объяснить разные закономерности изменения плотности солей при промывке засоленных почв.

Ил. 3. Библиогр.: 2 назв.

Ուսումնասիրվել է աղահալված հողերում փակուղային անցքերի և լճացած տիրույթների ազդեցությունը աղահերժման կինետիկայի վրա: Հարորատոր ուսումնասիրությունները և տեսական հիմնավորումները ներառվորոնքում են բնօրնու ստանալու ցրի և աղերի շարժման ընդհանուր հաճախարուր, որտեղ հաշվի է առնված միջավայրում փակուղային անցքերի և լճացած դոտիների առկայությունը: Հարցի նման յուժուր ներառվորոնքում է բնօրնու հիմնավորել և բացատրել աղահալված հողերի լճացման ժամանակ աղերի խտության փոփոխման տարրեր օրինակաչությունները:

Засоленные почвы представляют анизотропную систему, состоящую из нескольких фаз— жидких, твердых и газообразных. Такой системе характерна пространственная неоднородность, которая представляется в виде застойных зон и тупиковых пор, которые имеют особый вклад на кинетику опреснения раствора. Вопрос роли оценки тупиковых пор и застойных зон на кинетику опреснения раствора разработан в [1], где рассматривается некоторая математическая модель и на основании аналогичного решения задачи теплообмена получена зависимость

$$\Delta C = \frac{(K_1 - K_2) J \frac{\partial C}{\partial X} R^2}{\tau = D} \quad (1)$$

где D — коэффициент диффузии; K_1 и K_2 —коэффициенты фильтрации в среде и застойных зонах; R —радиус застойных зон; J —гидравлический градиент между средой и застойных зон.

Из этой формулы видно, что при уменьшении размера фильтрационно—неактивных зон (например, размеров микроагрегатов или комков) их роль в кинетике рассоления снижается и полностью исчезает, когда $R \rightarrow 0$, а при увеличении разницы коэффициентов фильтрации между средой и застойными зонами приводит к увеличению их влияния на кинетику рассоления. Увеличение коэффициента диффузии D ведет к уменьшению роли застойных зон. На основании этих

теоретических обоснований, и лабораторных условиях была разработана некоторая методика для экспериментального изучения влияния застойных зон на кинетику рассоления и коэффициента фильтрации в застойных зонах. Для моделирования застойных зон, где коэффициент фильтрации намного меньше, чем в среде, изучен коэффициент фильтрации глины на фильтрационном приборе. Определили значение коэффициента фильтрации $K_2 = 0,178$ мл/сут. Из этого следует, что использованный материал (глина) в качестве застойных зон вполне удовлетворяет дальнейшим экспериментам. Застойные зоны моделировали через глинистые частицы, которые разделяли на 4 фракции при помощи сит с диаметром 0,5—1 мм, 1—2 мм, 2—3 мм и 3—5 мм. Эксперименты проводили на фильтрационном приборе, состоящем из полиэтиленового цилиндра диаметром 62 мм и высотой 50 мм. Градиент давления во время опыта был постоянным $J = 5$. Эксперименты проводили в четырех вариантах с трехкратной повторностью при объеме застойных зон $V_K = 20\%$ и диаметрах частиц, указанных выше.

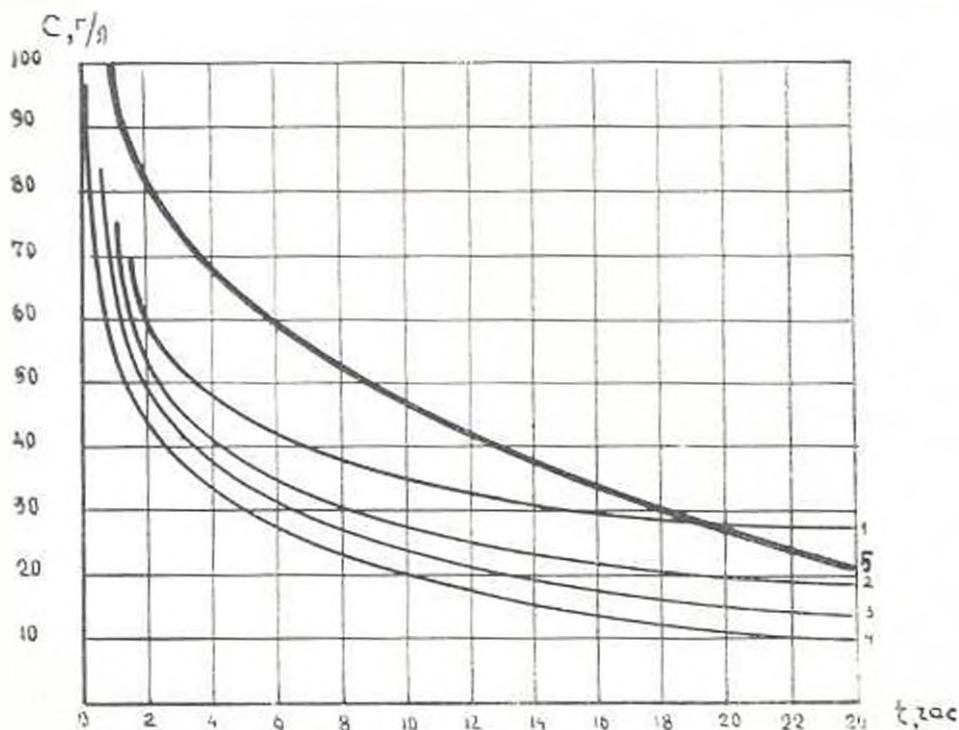


Рис. 1. Зависимость изменения концентрации фильтра от времени при разных значениях застойных зон и для изотропной среды: 1 — (3—5) мм; 2 — (2—3) мм; 3 — (1—2) мм; 4 — (0,5—1) мм; 5 — для изотропной среды.

Исходя из экспериментальных данных, на рис. 1 построена функциональная зависимость между параметром концентрации раствора и временем $C = f(t)$. Можно заметить, что во всех вариантах зависимости от величины застойных зон концентрация фильтра уменьшается

ся в пределах (20—30) г/л, т. е. застойные зоны имеют особый вклад в кинетику рассоления при промывке засоленных почв.

Известно, что движение воды и солей описывается уравнением конвективной диффузии, которое представляется в виде

$$W \frac{\partial C_{\Phi}}{\partial t} = DW \frac{\partial^2 C_{\Phi}}{\partial x^2} - V W \frac{\partial C_{\Phi}}{\partial x} - \left(\frac{\partial C_1}{\partial t} + \frac{\partial C_2}{\partial t} + \frac{\partial C_3}{\partial t} \right), \quad (2)$$

где D —коэффициент диффузии; C_{Φ} —концентрация солей в фильтрационном потоке; C_1 , C_2 , C_3 —дополнительное количество солей соответственно в гидравлических неактивных порах, сорбционных слоях и кристаллах; W —объемная влажность.

Уравнение (2) можно решить тогда, когда известны функции

$$C_1 = f_1(C_{\Phi}, t), \quad C_2 = f_2(C_{\Phi}, t), \quad C_3 = f_3(C_{\Phi}, t).$$

Если не учитывать последние два члена, находящиеся в правой части, уравнение (2) принимает следующий вид

$$W \frac{\partial C_{\Phi}}{\partial t} = DW \frac{\partial^2 C_{\Phi}}{\partial x^2} - VW \frac{\partial C_{\Phi}}{\partial x} - \frac{\partial C_1}{\partial t}. \quad (3)$$

Уравнение (3) описывает основное движение солей в фильтрационном потоке и учитывает влияние застойных зон на кинетику опреснения раствора. Наши эксперименты позволяют определить функцию $C_1 = f_1(C_{\Phi}, t)$ из следующего выражения

$$C_R = C_{\Phi} - C_{\Phi}^*, \quad (4)$$

где C_R —дополнительное количество солей, находящихся в застойных зонах; C_{Φ} —концентрация фильтрационного потока при однородной среде; C_{Φ}^* —концентрация фильтрационного потока, учитывающая присутствие в среде застойных зон.

Для нахождения функций $C_{\Phi} = f(t)$ и $C_{\Phi}^* = f(t)$ в лабораторных условиях поставлен специальный опыт и после математической обработки экспериментальных данных получены следующие выражения

$$C_{\Phi} = A_1 \exp(-\alpha_1 t); \quad C_{\Phi}^* = A_2 \exp(-\alpha_2 t),$$

где $A_1 = 98$, $A_2 = 59,58$, $\alpha_1 = 0,061$, $\alpha_2 = 0,031$.

Следовательно,

$$C_R = 98,0 \exp(-0,061t) - 59,58 \exp(-0,031t).$$

Чтобы найти связь между C_R и C_1 , рассмотрим следующую модель:

$$\frac{C_R}{2\pi R^2} = \beta \frac{C_1}{0} = \beta \frac{C_1}{\Omega}, \quad (6)$$

где D —коэффициент молекулярной диффузии; Ω —удельная поверхность тупиковых пор; R —радиус застойных зон; β —коэффициент, учи-

ывающий долю концентрация тупиковых пор в общем потоке солей. Из уравнения (6) следует

$$C_t = \frac{D}{2\pi R^2 \beta} C_R = \frac{D}{2\pi R^2 \beta} (A_1 \exp(-x_1 t) - A_2 \exp(-x_2 t)). \quad (7)$$

Дифференцируя уравнение (7) и совместно решая с уравнением (3), получаем

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - V \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{D}{2\pi R^2 \beta} (A_1 x_1 \exp(-x_1 t) - A_2 x_2 \exp(-x_2 t)). \quad (8)$$

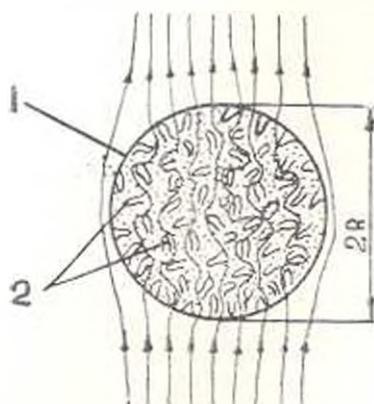


Рис. 2. Схема застойных зон и тупиковых пор.

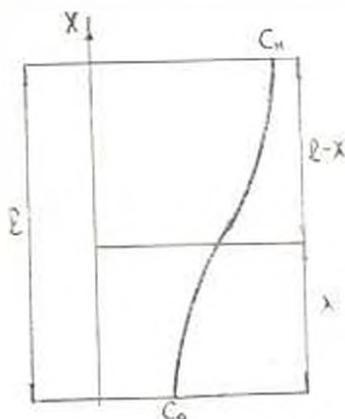


Рис. 3. Расчетная схема.

Перейдем к решению этого уравнения при следующих граничных и начальных условиях:

$$C(0, t) = C_0; \quad C(x, 0) = (C_n - C_0) \frac{x}{l} \ln \frac{C_n}{C_0} + C_0;$$

$$C(l, t) = C_n \exp(-\lambda t), \quad 0 < x < l.$$

Уравнение (8) можно решить по принципу максимального значения

$$C = U \exp(\mu x + \lambda t), \quad \mu = \frac{V}{2D}, \quad \lambda = -\frac{V^2}{4D}.$$

Подставив эти значения в уравнение (8), получим

$$\begin{aligned} C(x, t) = (C_n - C_0) \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2l}{\pi n} \left(\frac{x}{l} \ln \frac{C_n}{C_0} \exp(-\mu x) + C_0 \exp(-\mu x) - \right. \right. \\ \left. \left. - C_0 - \frac{x}{l} (C_n \exp(-\mu l) - C_0) \exp\left(-D \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 t + \Psi(t)\right) \times \right. \right. \\ \left. \left. \sin \frac{\pi n}{l} x \exp(\mu x + \lambda t) + C_0 \exp(\mu x) + \frac{x}{l} (C_n \exp(-\mu l) - \right. \right. \\ \left. \left. - C_0 \exp(-\mu l)) \exp(\mu x + \lambda t) \right\}. \quad (9) \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned}
 W(t) = & \frac{2l^2 A_2 ((-1)^{n+1} \exp(\mu l) + 1) \left(1 - \exp\left(-D \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 t\right)\right)}{\pi n^3 2\pi R^2 W \left(1 + \left(\frac{\mu l}{\pi n}\right)^2\right)} + \\
 & + \frac{2A_1 D}{\pi n 2\pi R^2 W} \frac{((-1)^{n+1} \exp(-\mu l) + 1) (\exp(-t(z_1 + \lambda)) - \exp\left(-D \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 t\right))}{\left(1 + \left(\frac{\mu l}{\pi n}\right)^2\right) \left(D \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 - (z_1 + \lambda)\right)} + \\
 & + \frac{2}{\pi n l} (-1)^n C_0 \lambda (1 + l) \frac{(\exp(-\lambda t) - \exp\left(-D \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 t\right))}{D \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 - \lambda} + \\
 & + \frac{2C_0 \lambda (\exp(-\lambda t) - \exp\left(-D \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 t\right))}{\pi n D \left(\frac{\pi n}{l}\right)^2 - \lambda}. \quad (10)
 \end{aligned}$$

Уравнение потока воды и солей получено в виде (9) и кроме основных факторов переноса включает в себе также влияние застойных зон и тупиковых пор, решение которого позволяет прогнозировать водносолевой режим засоленных почв и определить некоторые основные параметры промывки.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. С. В. Саноян, С. В. Нерлин. Оценка роли тупиковых пор и застойных зон в кинетике опреснения раствора при промывке засоленных почв // Изв. с/х наук.— Ереван, 1976.— № 5.— С. 41—45.
2. С. В. Нерлин, А. Ф. Чудновский. Энерго- и массообмен в системе растения-почва-воздух.— Л.: Гидрометиздат, 1975.—351 с.

Армсельхозинститут

20. IV. 1987