

КОМПЛЕКС МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСА СОЛЕЙ НА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ

А.С. Сейтказиев

Таразский государственный университет, г.Тараз, Республика Казахстан

Для улучшения почвообразовательного процесса, обеспечивающего возможность расширенного воспроизводства плодородия почв, необходимо сохранять автоморфный режим почвообразования, грунтовые воды поддерживать на достаточно большой глубине, чтобы предупредить возможность вторичного засоления почв при минимальных затратах поливной воды.

Основной задачей промывки засоленных почв является рассоление корнеобитаемого слоя минимальными количеством воды. Промывка почв излишней промывной нормы может снизить их плодородие и ухудшить мелиоративно-экологическое состояние изучаемого массива орошения.

На сильнозасоленных орошаемых землях и солончаках при разработке комплекса мелиоративных мероприятий (орошение, промывка, рыхление и внесение удобрений), в том числе промывок засоленных земель, в зависимости от типа, степени засоления и свойства токсичных солей, предусматривают глубокое рыхление на максимальную возможную глубину 1,0 м и более. Применение глубокого рыхления при промывках сильнозасоленных земель приводит не только к улучшению структуры почв, но и обеспечивает существенное увеличение их влагозапаса перед посевом. Нашими исследованиями установлено, что запас влаги при глубоком рыхлении (сплошном и по полосам) увеличивается до 800... 1200 м³/га, расстояние между отдельными полосами принимается: для тяжелосуглинистых 0,5...1,0 м; для среднесуглинистых почв уменьшилась в 2,0...2,5 раза, что повысило водопоглощающую способность почвы [1-2]. Рекомендованная технология восстановления засоленных и осолонцованных уплотненных почв включает глубокое (Pг-0,8-1,0 м) рыхление на фоне временного дренажа глубиной (0,8-1,0 м) с использованием химических мелиорантов.

Основными методами регулирования гидрохимического режима почв являются воздействия на уровень грунтовых вод различными мероприятиями (орошение, промывка, рыхления почв на фоне дренажа). На формирование водно-солевого, теплового и пищевого режимов в расчетном слое почвогрунта непосредственно влияют водно-физические и физико-химические процессы. Это обусловлено тем, что в результате орошения и промывки с применением дренажа резко изменяются условия формирования приходных и расходных элементов водно-солевого баланса, запасов солей, скорости инфильтрации, изменения передвижения влаги, испарения, оттока грунтовых вод и другие.

Соответственно для каждого вида полива и промывок были разработаны способы предупреждения накопления токсичных веществ. Наибольший эффект предлагаемых мероприятий будет достигнут, если эколого-мелиоративные мероприятия проводить на фоне глубокого рыхления.

Эффективность промывок засоленных почв находится в прямой зависимости от подготовки почвы и особенно от глубины и способа вспашки.

Промывные нормы засоленных почв являются одним из основных почвенно-экологических и агротехнических мероприятий, обеспечивающих повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Поэтому установление оптимальной нормы, тактности промывных поливов и способов подготовки почвы к проведению промывных поливов на засоленных землях имеют большое практическое значение в улучшении экологического состояния орошаемых геосистем.

Борьба с засолением почв - одна из основных задач, которая включает в себя систему различных мероприятий. Оптимальное планирование мелиоративных мероприятий возможно только при изучении водно-солевого и пищевого режима почвогрунтов с целью его прогноза. Одним из эффективных методов составления такого прогноза является метод математического моделирования на основе уравнения гидродинамики, который позволяет имитировать поведение объекта в различных условиях. Меняя параметры модели, геометрию исследуемых объектов, гидрофизические параметры, неравномерность исследуемых процессов и т.д., можно изучать, как при этом изменяются свойства моделируемого объекта. Кроме того, результаты моделирования можно сопоставлять с натурными измерениями объекта в наиболее характерных его точках.

Рассмотрим задачу рассоления слоя почвогрунта мощностью 1 м, подстилаемого хорошо проницаемым слоем на нижней границе. При этом предположим, что в промываемом слое быстро устанавливается равновесный массообмен между скелетом почвогрунта и почвенным раствором.

В этом случае при переменной во времени скорости фильтрации движение инфильтрационных вод с солями и массообмен описывается следующим одномерным дифференциальным уравнением в частных производных [3-6]:

$$m_3 \frac{\partial c}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x} D^* \frac{\partial c}{\partial x} + V(t) \frac{\partial c}{\partial x} = 0 \quad \{0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq L\} \quad (1)$$

где $C(t,x)$ – концентрация солей в почвенном растворе, г/л;

m_3 – эффективная пористость;

Γ – коэффициент Генри, учитывающий адсорбцию солей в почвогрунте;

D^* – коэффициент конвективной диффузии;

$V(t)$ – скорость фильтрации, м/сут.

В случае засоления верхних слоев мелиорируемой толщи при испарении минерализованных грунтовых вод краевые условия могут быть представлены в следующем виде:

$$UC(0,t) + D^* \frac{\partial C(0,t)}{\partial x} = 0 \quad c(L,t) = C^*(t) \quad (2)$$

где C^* – минерализация грунтовых вод.

Рассмотрим совместное движение воды и солей при полном насыщении почвогрунтов. Для этого рассмотрим уравнение переноса солей [2-3]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V(t) \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x} D^* \frac{\partial c}{\partial x} = n(c_m - c) \quad (3)$$

где C_m – предельная концентрация насыщения;

η – коэффициент растворения, л/сут.

На практике допускают $V = V_0/m_3$. При хорошо растворимых солях и

незначительном их содержании в твердой фазе уравнение (3) переходит в формулу (1).

Рассмотрим условия засоления почвы. Для этого рассмотрим базовое уравнение (1) в области $G = \{[0, L] \times [0, t]\}$.

Рассмотрим обратный процесс - процесс рассоления в том числе при подаче воды на поверхность почвы. Примем, что исходное засоление перед промывкой близко к предельному:

$$C_0 = C_m \text{ при } t = t_0 \quad (4)$$

При поступлении пресной воды с концентрацией $C_2 - C_0 < 0$ со скоростью $V(t)$ будет происходить вытеснение засоленного раствора. При этом движение солей может быть описано уравнением (3), при условии $C_m = C_0$ примем следующие начальные и краевые условия:

$$C|_{t=t_0} = C_0(x), \quad x \in (0, L), \quad (5)$$

$$\frac{dC}{dx}|_{x=L} = 0, \quad t \in (0, T), \quad (6)$$

$$C|_{x=0} = C_2(x), \quad t \in (0, T) \quad (7)$$

Условия (5) – (7) предполагают, что на поверхности почвы концентрация мгновенно уменьшается с C_0 до C_2 и остается постоянной.

Уравнения (3) с краевыми условиями (5) – (7) нелинейное и требует численного решения. Для численного решения уравнения (3) применяем неявный конечно-разностный метод [3,5]. Использование неявных схем для уравнения переноса и диффузии более эффективно, поскольку для них не требуется выполнения условия устойчивости Куранта [5]:

$$S < 0,5, \quad S = D^* \frac{\Delta t}{\Delta x^2} \text{ или } C = V \frac{\Delta t}{\Delta x}.$$

$$\frac{C_i^{n+1} - C_i^n}{\Delta t} + 0,5V^n \left[\frac{C_{i+1}^n - C_{i-1}^n}{2\Delta x} + \frac{C_{i+1}^{n+1} - C_{i-1}^{n+1}}{2\Delta x} \right] - \frac{2}{\Delta x_k + \Delta x_{k+1}} x$$

$$x \left[\frac{D^*_{k+1/2} (C_i^n - C_{i-1}^n)}{\Delta x_{k+1}} - \frac{D^*_{k+1/2} (C_{i+1}^n - C_i^n)}{\Delta x_k} \right] + \frac{2}{\Delta x_k + \Delta x_{k-1}} \left[\frac{D^*_{k+1/2} (C_i^{n+1} - C_{i-1}^{n+1})}{\Delta x_{k-1}} \right]$$

$$- \left[\frac{D^*_{k-1/2} (C_{i+1}^{n+1} - C_i^{n+1})}{\Delta x_k} \right] - \eta (C_i^{n+1} - C_m) = 0 \quad (8)$$

Полученное разложения (8) в ряд Тейлора в окрестности узла (i,n) показывает, что этот алгоритм аппроксимирует уравнение (3) с погрешностью порядка $O(\Delta t^2, \Delta x^2)$. $\Delta t, \Delta x$ - шаги по времени и по пространству.

Математическая модель переноса ионов и катионного обмена представляет собой систему уравнений для отдельного иона. Например, упрощенная система уравнений переноса катионов - одновалентного Na^+ и двухвалентного Ca^{2+} имеет вид [3,5]:

$$m_1 \frac{\partial C_1}{\partial t} = \text{div} (D^*_{grad} C_1) - \text{div} (C_1) - \frac{\partial N_1}{\partial t}, \quad (9)$$

$$m_2 \frac{\partial C_2}{\partial t} = \text{div}(D^*_{grad} C_2) - \text{div}(VC_2) - \frac{\partial N_2}{\partial t}, \quad (10)$$

где N_1, N_2 – содержание иона в обменном комплексе.

Для изучения процессов осолонцевания почв, приводящего к изменению катионного состава, используется изотерма Никольского-Кера для случая взаимодействия двух разновалентных ионов [6-9]:

$$\left(\frac{N_1}{C_1}\right)^{1/n_1} = K_{1-2} \left(\frac{N_2}{C_2}\right)^{1/n_2}, \quad (11)$$

где K_{1-2} – константа обмена; n_i – валентность.

Изотермы имеют линейный вид и хорошо описываются уравнением вида [7-8]:

$$K_1 N_1 N_2^{-1/2} = K_2 C_1 C_2^{-1/2}, \quad (12)$$

Значения коэффициентов K_1 и K_2 изменяются в зависимости от типа почв и с увеличением содержания гумуса в почве K_1 и K_2 возрастают.

Задача обменной сорбции двух одно- и двухвалентных катионов в почве с мощностью L при промывке математически описывается одномерными уравнениями (9)-(10) [5,8]:

$$m_1 \frac{\partial C_1}{\partial t} = D_1^* \frac{\partial^2 C_1}{\partial x^2} - \frac{\partial VC_1}{\partial x} - \frac{\partial N_1}{\partial t} \quad (13)$$

$$m_2 \frac{\partial C_2}{\partial t} = D_1^* \frac{\partial^2 C_2}{\partial x^2} - \frac{\partial VC_2}{\partial x} - \frac{\partial N_2}{\partial t} \quad (14)$$

$$N_1 N_2^{-0.5} - K_1 = K_2 C_1 C_2^{-0.5}; \quad N_1 + N_2 = N_0(x), \quad (15)$$

Уравнения (13) – (14) решаются при следующих краевых и начальных условиях:

$$C_1|_{t=t_1} = C_{10}(x); \quad C_2|_{t=t_1} = C_{20}(x); \quad N_1|_{t=t_0} = N_{10}(x); \quad (16)$$

$$D_1^* \frac{\partial C_1}{\partial x} = (C_1 - C_{1n})V(t); \quad D_2^* \frac{\partial C_2}{\partial x} = (C_2 - C_{2n})V(t) \quad \text{при } x=0, t>0. \quad (17)$$

$$\frac{\partial C_1}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial C_2}{\partial x} = 0 \quad \text{при } x=L, \quad t>0. \quad (18)$$

где $C_1 N_1$ – концентрации катионов одновалентного и двухвалентного соединения в почвенном растворе и почвенно – поглощающем комплексе;

C_{10}, N_{10} – тоже в начальный момент времени;

C_{1n} – концентрация ионов в промывной воде;

$N_0(x)$ – обменная емкость.

Для восстановления свойств почв требуется адаптивный комплекс мелиоративных мероприятий, то есть комплекс, приспособленный к природным условиям и обеспечивающий функциональную устойчивость почвенного покрова. Этот комплекс направлен на формирование оптимального мелиоративного режима. В настоящее время разработаны основные пределы регулирования составляющих мелиоративного режима и мероприятия, обеспечивающие создание на мелиорируемых землях оптимального мелиоративного режима, а в пределах агроландшафта – благоприятной экологической ситуации.

Загрязнение почв при засолении происходит в основном вследствие

антропогенной деятельности человека, при неправильном ведении работ по улучшению земель. Это происходит в результате игнорирования законов, регулирующих природное равновесие и эволюцию почв, а также гидрогеологических, гидрохимических и геохимических изменений при проведенной эколого-мелиоративных работ.

Установление способности почвы удерживать доступную для растений воду зависит от определенных ее свойств. Любое дополнительное количество воды в виде осадков или орошения, подъема уровня грунтовых вод (УГВ) превышающее эту величину, является избыточным и может нарушить гидрологический баланс почвы. В зависимости от водопроницаемости почв, рельефа, литологии и гидрографии избыток воды может инфильтроваться в грунтовые воды, что приведет к заболачиванию местности и отразится на природном ландшафте.

Литература

1. Сейтказиев А.С., Салыбаев С.Ж., Байзакова А.Е. Экологическая оценка продуктивности улучшения засоленных земель в пустынных зонах Республики Казахстан, Тараз, 2011,-274с.
2. Сейітқазиев Ә.С. Суғармалы геозкожүйедегі тұзданған топырақтың су-тұз алмасуы., Тараз, 2010,-294 б.
3. Айдаров И.П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель. М., Агропромиздат, 1985, -304 с.
4. Веригин Н.Н. и др. Методы прогноза солевого режима грунтовых вод и грунтов. М., Колос, 1979, -336 с.
5. Файбишенко Б.А. Закономерности и модели водной миграции ионов в почвах аридной и семиаридных областей //Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук, М., 1987, -32 с.
6. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. М., Колос, 1978, -287 с.
7. Пачепский Я.А., Пачепская Л.Б., Мироненко Е.В. К проблеме прогноза динамики влаги и солей в почвах и грунтах орошаемых территорий //Имитационное моделирование и экология. М., Наука, С. 51-59.
8. Пеньковский В.И., Эмих В.Н. Математические модели массопереноса в мелиорируемых почвогрунтах //Моделирование почвенных процессов. Пушино, 1985, С. 66-76.
9. Бекбаев Р.К. Почвенно-экологические процессы и методы их регулирования на орошаемых экосистемах Казахстана. //Диссерт.соискание докт.техн.наук., Тараз, 2006,-262 с.