

ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ ВЛАГО И СОЛЕПЕРЕНОСА В ПОЧВОГРУНТАХ

При орошении земель в аридной зоне одним из обязательных элементов поддержания водно-солевого баланса является промывка почвы. В настоящее время для различных почв рассчитаны и рекомендованы промывные нормы. Однако эти расчеты базируются главным образом на экспериментальных данных. Для повышения эффективности промывки, а также экономии поливной воды необходимо исследовать механизм расслоения почвы при их промывании.

Деградация почв, разрушение природных ландшафтов, снижение продуктивности мелиорируемых земель, истощение и загрязнение водных экосистем выдвигают экологические аспекты развития водных мелиорации в ряд приоритетных.

На орошаемых землях источником загрязнения зачастую является вода, используемая для поливов из загрязненных водных объектов.

В этой связи при развитии земледелия необходимо формировать экологически обоснованную стратегию осуществления комплексных мелиорации, состоящих из следующих основных принципов:

- оптимизации влагообеспечения сельскохозяйственных культур при максимальном использовании естественных влагозапасов и минимальных затратах оросительной воды;
- сохранения и воспроизводства плодородия почв;
- предотвращения и устранения существующего загрязнения поверхностных и подземных вод отходами производства;
- обоснования новых технологий безотходных и малоотходных производств, предупреждающих нарушение экологического равновесия в природе.

Деятельность человека оказывает на окружающую среду мощное техногенное воздействие, в частности загрязнением почвы и воды отходами производств и жизнедеятельности, где значительную долю, занимают органические загрязнители. В результате загрязнений почвы и воды органическими веществами подавляется естественная биота, меняются соотношения между отдельными группами микроорганизмов и в целом изменяется направление метаболизма, нарушаются естественные процессы самоочищения. Техногенные и антропогенные нарушения экологического баланса серьезно изменяют санитарное состояние засоленных земель, их почвообразование, ухудшают условия жизнедеятельности людей.

Загрязнение почв в виде засоления происходит в основном вследствие антропогенной деятельности человека, при неправильном ведении работ по улучшению земель, агротехнических и мелиоративных мероприятий. Это происходит в результате игнорирования выполнения взаимосвязанных законов, регулирующих природное равновесие эволюцию почв, а также гидрогеологических, гидрохимических и геохимических взаимодействий при проведении эколого-мелиоративных работ.

Решение ряда важных геоэкологических и мелиоративных проблем связано с необходимостью надежного количественного прогноза продуктивности растений при различных климатических условиях и режимах питания. Основными такими проблемами являются следующее: обоснования решений по рациональному использованию ресурсов биосферы, мероприятия по охране окружающей среды, разработка водосберегающей технологии засоленных и орошаемых земель, совершенствования обосновании систем мелиорации земель и др.

Современные достижения новой технологии в экологии, экономической биоэнергетике и агроэкосистемы позволяют на основе системного изучения эколого-мелиоративных характеристик растений, разработать методы полноценного количественного прогноза продуктивности по заданным экологическим факторам.

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, глубокое рыхление предусматривают 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. 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 1,0...3,0 м. Величина оросительных норм в зависимости от механического состава почв уменьшились на 20-25 %. Впитывающая способность исследуемых почв увеличилась в 2,0...2,5 раза, что повысило водопоглощающую способность почвы.

Одним из важных показателей состояния почвы в период промывки и развития растений является степень аэрации (воздухообеспеченность) почвы, которая осуществляется с применением глубокого рыхления (РГ -0,8; 1,0), обеспечивающего вынос растворимых солей и доступ воздуха в корнеобитаемый слой почвогрунта.

Основными методами регулирования гидрохимического режима являются воздействия на уровень грунтовых вод различными мероприятиями (орошение, промывка, рыхление почв на фоне дренажа). На формирование водно-солевого 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. Применение комплекса мелиоративных мероприятий позволило вытеснить выщелачиваемые токсичные соли из расчетного слоя.

При изучении механизма переноса солей, правильного регулирования водно-солевого и пищевого режимов, необходимо определить следующие значения: растворение солей, выщелачивание пород, испарение почв и грунтовых вод, конвективную диффузию, перенос солей с фильтрационным потоком, ионно-солевое равновесие в системе раствор - твердая фаза, вытеснение поровых растворов и т.д.

Основными параметрами систематического горизонтального дренажа являются расстояния между дренами, положение УГВ после осушения, напор между дренами, приток грунтовых вод к дрене и коллектору. Приток и сток воды к дрене с двух сторон определяются по формуле: [1-2]

$$Q = 4kh^2l - t/R \quad (1)$$

где Q - сток воды к дрене, м; k - коэффициент фильтрации, м/сут; h - напор грунтовых вод между дренами, м; l - длина дрены, м; t — продолжительность промывки, сут; R - расстояние между дренами, м.

Приток воды к дрене с гектара за единицу времени (табл. 1) по следующему выражению:

$$q_0 = \frac{Q_0}{t} \quad (2)$$

где q_0 - модуль дренажного стока при данном напоре грунтовых вод, м³/га.

Тогда при известной величине фактической скорости движения воды V_ϕ почвогрунта, легко можно определить нетто промывной норм вы засоленных почв по следующей формуле: [2-4].

$$N_{um} = \frac{Q_0 V_\phi}{q_0} \quad (3)$$

где N_{um} - промывная норма (нетто), м/га; V_ϕ - скорость фильтрации в насыщенных слоях, м/сут.

Для улучшения экологического состояния земель и эффективного использования водных ресурсов в орошаемых зонах, а также применения гидротермического режима почвы можно осуществить суммарное водопотребление с минимальными затратами воды и промыть засоленные почвы следующими промывными нормами: [5-7]

$$N_{об} = 100H\gamma\beta_{нс} + T_m \exp(-g \cdot R) \quad (4)$$

где - $N_{об}$ общие промывные нормы, м³/га; N_m - теплые воды для промывки, м³/га; N_e - нормы промывки для вытеснения солей из расчетного слоя, м³/га ; N_n - насыщенные воды, м³/га ; g -интенсивность показателя гидротермического режима под влиянием орошения или промывных норм

$$(R) = R/[L(O_c + N_p)] \quad (5)$$

где N_p - разовая промывная норма промывки зависимости от механического состава почвогрунтов, м³/га; R -изменение показателя гидротермического режима под влиянием.

Для успешного прогнозирования водно-солевых и тепловых режимов почвогрунтов на основе теоретических исследований, необходима идентификация структуры и параметров модели, описывающая конкретно рассматриваемые вопросы переноса солей, протекающих в заданной области почвогрунта.

В настоящее время практически нет данных прямых натурных исследований переноса влаги и солей в зоне аэрации на фоне дренажа. Поэтому о массопереносе с учетом зоны аэрации можно судить только по данным имитационного моделирования. Уравнение влагопереноса и фильтрации в насыщенно- насыщенных грунтах в цилиндрических координатах при неустановившемся режиме имеет вид [8]:

$$\mu(\Phi) \frac{\partial \Phi}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[K(\Phi) r \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\Phi) \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right] \quad (6)$$

При установившемся режиме

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[K(\Phi) r \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\Phi) \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right] = 0 \quad (7)$$

В общем случае для прогноза солепереноса необходимо составить математическую модель переноса каждого иона с учетом всех его механизмов. Обычно о переносе макроколичества солей судят по диффузии.

Коренного повышения эффективности мелиорации и получения высоких урожаев можно достичь лишь на основе комплексного регулирования факторов жизни растений, создания оптимального водно-воздушного, теплового, газового и питательного режимов почвогрунтов и приземного слоя воздуха на протяжении всего вегетационного периода. Не требует доказательства тот факт, что только оптимальное соотношение между влагой, теплом, питательными веществами и газовым режимом обеспечивает наилучшее развитие растений. В связи с этим является актуальной разработка комплексных моделей управления жизнедеятельностью растений.

Рассмотренные закономерности опреснения почвы во времени, можно записать в следующей форме [9]:

$$\frac{dC}{Cdt} = \frac{d(\ln C)}{dt} = \text{const}, \quad (8)$$

в которой C - концентрация солей в почве. Интегрирования (8) при условиях $t = 0, C = C_0$ (C_0 - начальная концентрация солей) приводит к такому решению:

$$C = C_0 \cdot e^{-pt} \quad (9)$$

где p - параметр, который можно назвать коэффициентом скорости опреснения.

Одним из показателей интенсивности опреснения почвы можно выбрать длину свободного пробега частицы. В каждый момент времени при диффузии солей в перемещении участвуют N частиц, т.е. совершается N свободных пробегов. Тогда, учитывая (9), для частиц с равной длиной пробега $x(S_x)$ можно записать:

$$S_x = N \cdot e^{-\theta x} \quad (10)$$

Выясним физический смысл постоянной величины θ . Зависимость (10) позволяет определить долю молекул, имеющих свободный пробег от x до $x + dx$:

$$S_x - S_{x+dx} = N e^{\theta x} (1 - e^{-\theta dx}) = N \theta e^{-\theta x} dx$$

Наибольший интерес представляет выявление аналогий в процессах миграции солей в почве и детально изученных явлений в фундаментальных науках. Для выводов по аналогии важно установить связь механизма явления с особенностями его протекания. Заключение могут следовать от общности механизмов к общности течения процесса, и, наоборот - от общности хода процесса к общности механизмов. Более части случаи, когда удается выявить аналогию в характере процессов, механизмы явлений остаются непознанными.

Сущность радиоактивного распада заключается в том, что количество атомов dA , распадающихся за время dt , пропорционально числу атомов A и величине промежутка времени [6]:

$$dA = -pAdt$$

После интегрирования имеем закон радиоактивного превращения

$$A = A_0 \cdot e^{-pt} \quad (11)$$

где A_0 -количество нераспавшихся атомов в начале процесса, A - количество нераспавшихся атомов в момент времени t , p - вероятность распада одного атома в единицу времени - постоянная распада.

Убыль числа радиоактивных атомов A_y определяем из выражения

$$A_y = A_0 - A = A_0(1 - e^{-pt}) \quad (12)$$

В физике вычисляют такое время, за которое распадается половина первоначального количества атомов - период полураспада T ,

$$T = \frac{\ln 2}{p} \quad (13)$$

Сопоставление закона радиоактивного распада и закономерности опреснения почвы во времени приводит к заключению об их идентичности: формулы (9) и (11) в математическом отношении одинаковы. Следовательно, имеет место аналогия, выражающаяся в однотипности сравниваемых процессов. Непосредственным результатом этого факта является возможность применения уравнений вида (12) и (13) при решении различных задач в экологии.

Многие физические явления, важные для науки и техники, характеризуются взаимодействием частиц в виде столкновений. Сталкивающимися частицами могут быть самые различные тела: от элементарных частиц до тел, имеющих внутреннюю структуру. Основными понятиями теории столкновения являются: сечение, мишень, частица-снаряд и др.

Некоторые выводы теории столкновений и закономерность опреснения почвы по глубине также описываются одинаковыми уравнениями. Покажем это. Если направить поток частиц - снарядов на мишень, представляющую слой некоторого вещества малой толщины dx , то в результате взаимодействия с частицами мишени некоторые из частиц -снарядов либо изменяет направление движения, либо вообще исчезнут. Относительное изменение плотности потока частиц-снарядов составляет [9,10]

$$-\frac{dI}{I} = \delta n dx$$

Интегрированием получают такую зависимость

$$I = I_0 e^{-\delta n x} \quad (14)$$

где I_0 - плотность потока частиц-снарядов при $x = 0$, I - плотность потока частиц, проникших на глубину x , δn - плотность частиц вещества мишени, δ -эффективное сечение, характеризующее вероятность взаимодействия частиц.

Закономерности, описываемые уравнениями (10) и (14), аналогичны. В данном случае имеет место сходство не только кинетики сравниваемых процессов, но и в определенной степени, механизма явлений.

Из других физических процессов, закономерность которых описывается уравнениями (10) и (14), можно назвать закон Бургера, характеризующий поглощение света, закономерность

затухания силы звука, закономерность затухающих колебаний, барометрическую формулу.

Имеется аналогия и с некоторыми важнейшими явлениями, рассматриваемыми в химии. Прежде всего, можно допустить, что химическая реакция в опреснение промываемой почвы имеют много общих черт. Действительно, со статистической точки зрения, как реакция, так и опреснение почвы, протекают одновременно в сторону равновесия и в противоположном направлении. Многие химические реакции такие состоят из совокупности нескольких стадий.

Опреснение почвы можно рассматривать как реакцию взаимодействия некоторых молекул промывной воды и адсорбированных ионов, в результате которого последние переходят в почвенный раствор. Реакция заключается, таким образом, в переходе частицы в раствор и последующий вынос ее из заданного слоя почвы. Скорость протекания сравниваемых процессов определяется концентрацией веществ. Указанное взаимодействие осуществляется путем столкновений, часть которых приводит к реакции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сейтказиев А.С. Байзакова А.Е. Режим грунтовых вод. приуроченных к бассейнам рек // Вопросы мелиорации, 2003 № 5-6, Москва, С. 93-98.
2. Сейтказиев О.С. Шаю мөлшерін анықтау // Оңтүстік Қазақстан ғылымы, білімі., 2000, №21, Б. 20-22.
3. Сейтказиев Ә.С. Суғармалы геоэкожүйелердегі тұзданған топырақтың су-тұз алмасуы, Тараз, 2010. -294 б.
4. Сейтказиев Ә.С., Мұзбаева Қ.М., Салыбаев С.Ж. Топырақтың тозуындағы су-тұз және жылу алмасуларды модельдеу, Тараз, 2011, -326 б.
5. Ахмеджанов Т.К., Сейтказиев А.С, Чакеев У.Ж. Возможность использования солнечной радиации при орошении теплообменными водами // Вестник НАН РК, 2004, № 2 . С. 70-76.
6. Сейтказиев А.С, Байзакова А.Е. Метод определения промывных норм засоленных почв // 2005, № 3. С. 199-202.
7. Сейтказиев Ә.С., Салыбаев С.Ж., Мұзбаева Қ.М., Байзакова А.Е. Экологическая оценка продуктивности улучшения засоленных земель впустынных зонах Республики Казахстан, Тараз, 2011, -274 с.
8. Файбищенко Б.А. Водно-солевой режим грунтов при орошении. - М.: Агропромиздат, 1986, -304 с.
9. Сейтказиев А.С. Регулирование солевого режима орошаемых земель, Алматы, 1999, 140с.
10. Сейтказиев А.С, Ортиков И.И. Механизм опреснения почвы. // Межвузовский сб. научных трудов по гидротехническому и специальному строительству. Москва, 2002 . с. 68-72.

Резюме

Жұмыста жылдамдықты есептеу әдісі мен тұз бөліктерінің қозғалысын талдау негізіндегі топырақты тұщыландыру дәрежесі ұсынылады. Бұл кезде негізгі есептеуіш элементі болып, жылдамдық және ерітіндідегі тұз бөлігі жүрісінің қашықтығы табылады. Берілген әдіс тұзданған топырақты тақтылық шаю технологиясын анықтауға және негіздеуге мүмкіндік жасайды.

Жұмыста қуаңшылық құрғақ аймақты тұздалған жерлердің мысалында математикалық модельдеу әдістерін қолдану нәтижелері келтірілген. Модельдеу негізінде нақты берілгендері бойынша есептеуге кіретін оның коэффициенттерімен тұз тасымалдаудың негізгі тендеуі қойылған.

Summary

The method of calculation on velocities and degree of desalinization if, bossed on the analysis if salt particles movement herewith velocity and the range of the salt particles ate to be the range of the run salt particles are to be the main accounting elements.

This method allows motivating and defining the technology of pulsing of salinized soils. The results of mathematical simulation on the example of salinized soils of arid zones are represented in this paper. The simulation is bases on the equation of salt transition with the calculation of coefficients fused on data.