

РАЗРАБОТКА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕНОСА ВЛАГИ, МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ГИДРОМОРФНЫХ СРЕДАХ ПРИ УСЛОВИЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУБИРРИГАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

***И.Э. Махмудов, А.И. Курбонов**
(НИИИВП при ТИИМ)*

В статье описана гидравлическая модель вертикальной миграции водно-минеральной и водно-органической смеси. Разработанная гидравлическая модель и выполняемые на их основе исследования могут представлять большой интерес для сектора сельского и водного хозяйства и позволит решать большое количество практических задач в условиях водного дефицита.

В условиях Центральной Азии внедрение и использование эффективных водосберегающих технологий и усовершенствование методов управления водными ресурсами являются актуальными задачами и эффективными рычагами для повышения продуктивности орошаемого земледелия, получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур на фоне минимального водопотребления и в условиях дефицита водных ресурсов. В связи с этим, особую важность для повышения эффективности использования водных ресурсов представляет разработка закономерности применения субиригации при орошении сельскохозяйственных культур.

Исследованиями установлено [1], что при высоко водозатратном поверхностном поливе вместе с водой в глубинные слои почвы переносится основная часть вносимых минеральных и органических удобрений. Субиригация - это единственный механизм для мобилизации грунтовых вод и вместе с ними имеющихся в почвенных слоях минеральных и других питательных элементов для развития сельскохозяйственных культур. В условиях дефицита водных ресурсов разработка закономерности применения субиригации дает возможность использования насыщенных минеральными и органическими веществами грунтовых вод для полива сельскохозяйственных культур.

В процессе субиригации происходит очень сложный гидродинамический процесс, обусловленный движением многофазной среды: влаги, минеральных элементов с одновременным вытеснением из пор почвы воздуха. Сложность механизма движения смеси в почвенном пространстве до сих пор не позволяла разработать и внедрить технологии субиригации. В связи с этим, возникает необходимость решения задачи по разработке гидравлической модели переноса влаги, минеральных и органических веществ в гидроморфных средах.

Прогнозирование различных процессов, протекающих в почвах в условиях оросительных мелиораций, имеет ряд характерных особенностей и связано с регулированием не только водного, но и минерального, органического режима. Следует отметить, что последним факторам, а именно содержанию в грунтовой воде минеральных, органических веществ, которые оказывают благоприятное воздействие на рост сельхозкультур, не уделялось должного внимания. При этом сложность математических моделей управления водно-воздушным и минеральным, органическим режимом зачастую зависит от того, насколько точно отражены в постановке математических задач особенности движения влаги и минеральных и органических веществ в верхних слоях зоны аэрации, а также гидрогеологические и климатические условия, водно-физические свойства почв и гидрохимические параметры поровых свойства грунта. Поэтому прогноз водно-минерального, органического режима орошаемых почв с учетом дефицита водных ресурсов приобретает особое значение в связи с необходимостью поддержания водно-минерального и органического режимов в период возделывания сельскохозяйственных культур.

Закономерность динамики миграции минеральных и органических веществ в составе почвы учитывает большое количество процессов и факторов, и для ее реализации необходимо знать ряд исходных параметров, многие из которых находятся в результате проведения сложных экспериментов. Очевидно, что указанные параметры имеют разную значимость для расчетных характеристик. В связи с этим возникла одномерная (вертикальная) многофазная задача: на основе диффузионной теории конвективного переноса примеси (влаги, минеральных и органических веществ) установлена закономерность процесса транспортировки водно-минеральной и водно-органической смеси от верхних слоев аэрации до корневой системы растений.

При разработке гидравлической модели процесса водно-минерального и водно-органического перемещения в верхних слоях зоны аэрации рассмотрена двухфазная гомогенная смесь: водно-минеральная или водно-органическая.

При этом необходимо учесть, что при сульфатно-хлоридном или хлоридно-сульфатном засолении сульфаты переходят в водный раствор значительно труднее, чем хлориды, гораздо дольше оставаясь в грунтах в твердой фазе. В связи с этим, при моделировании рассматривали хорошо растворимые соли (хлориды).

Важнейшим геологическим фактором водно-минерального и водно-органического перемещения является фильтрационная гетерогенность среды, обусловленная особенностями литологического строения пород.

При моделировании допустили, что породы грунта состоят из равномерно распределенных блоков и проницаемых каналов. Причем в проницаемых каналах перенос осуществляется только конвективным путем, а в слабопроницаемых блоках - только диффузионным путем.

Решили задачу конвективного переноса хорошо растворимых солей по оси z . При этом допустили, что область конвективного переноса смеси является однородной проницаемой средой ($m = \text{const}$).

Используя одномерное уравнение конвективного переноса для гомогенной смеси [1]:

$$m \frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial (c v_0)}{\partial z} = D \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \quad (1)$$

где: m -эффективная пористость породы; C -концентрация солей; v_0 -скорость фильтрации; D - коэффициент диффузионного переноса ($D=10^{-2}$ м²/сут).

Исходя из того, что изменение концентрации смеси по вертикальной оси происходит под влиянием сил направленного в сторону противоположную направлению сил тяжести. Учитывая, что Архимедова сила имеет большое значение не только при плавании твердых тел в жидкостях и газах, но и в случаях, когда в гидроморфных средах имеются частицы другого вещества с удельным весом, отличным от удельного веса жидкости [2], для описания структуры потока в диффузионном переносе используем критерий подобия Пекле.

Для преобразования уравнения (1) в гидравлическое уравнение, то есть при математическом моделировании, основные геогидродинамические параметры будем выражать через критерии Пекле и Архимеда, в итоге получим гидравлическое уравнение для описания движения гомогенной смеси в виде безразмерных переменных [3, 4]:

$$m \cdot Ar_D \frac{\partial c}{\partial \hat{\tau}} + \frac{\partial c}{\partial \hat{z}} = \frac{1}{Pe_D} \frac{\partial^2 c}{\partial \hat{z}^2} \quad (2)$$

Решением данного уравнения является:

$$C(\hat{z}, \hat{\tau}) = \frac{e^{-\gamma \hat{\tau}}}{\Delta_0} \left\{ \left[\exp\left(\frac{Pe_D (1 - \sqrt{D_0})}{2} \hat{L} \right) - \exp(-\lambda \hat{L}) \right] \exp\left(\frac{Pe_D (1 + \sqrt{D_0})}{2} \hat{z} \right) + \right. \\ \left. + \left[\exp(-\lambda \hat{L}) - \exp\left(\frac{Pe_D (1 - \sqrt{D_0})}{2} \hat{L} \right) \right] \exp\left(\frac{Pe_D (1 - \sqrt{D_0})}{2} \hat{z} \right) \right\} \quad (3)$$

Таким образом, получена закономерность распределения концентрации водно-минеральной и водно-органической смеси по высоте грунта для произвольного момента времени:

Приняв $\hat{z} = \hat{L}$, $\hat{\tau} = \tau^*$ получим выражение для определения времени τ^* , когда концентрация смеси достигает до уровня корневых систем растений:

$$\tau^* = \ln\left(\frac{c^*}{f(\hat{z})} \right)^{-\frac{1}{\gamma}} \quad (4)$$

Вывод: Разработана гидравлическая модель вертикального водно-минерального и водно-органического перемещения в верхних слоях зоне аэрации обусловленная повышением уровня

грунтовых вод. А также получено выражение для определения времени τ^* , когда концентрация смеси достигает до уровня корневых систем растений.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Шестаков В.М., Пашковский И.С., Сойфер А.М. Гидрогеологические исследования на орошаемых территориях – М.: Недра, 1982.
2. Повх И.Л. Техническая гидромеханика. - Л: Машиностроение, 1976.
3. Махмудов И.Э. Диффузионное перемешивание воды в системе водоснабжения // Мир науки, культуры, искусства / СО РАН. – 2008. - № 8.-С. 29-32.
4. Makhmudov I.E. Dynamics of modification of the bacterium concentration in conduits by organization of supplying constant consumption in constant time inflow /The workshop of the environment evolvement and hydro-ecology in the arid zone of Central Asia Urumqi.-China, 2008.-P.183-187.

УДК 556.072:556.51

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНО-СОЛЕВЫМ РЕЖИМОМ РЕЧНОГО БАСЕЙНА (НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА Р. КАШКАДАРЬЯ В КАШКАДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ)

*И.Э. Махмудов, Д.Х. Кучкарова, Д.Э. Махмудова
(НИИИВП при ТИИМ)*

В статье приводится имитационная модель управления водно-солевым режимом речного бассейна, а также дается выражение для оценки состояния минерализации речной воды. Приведены результаты численного эксперимента моделей для имитации процессов воздействия использования речной воды на количественное и качественное состояние водных ресурсов речного бассейна.

Актуальность и необходимость проведения исследований. Экономика Кашкадарьинской области существенно зависит от использования водных ресурсов бассейна р. Кашкадарья. Большая часть населения занята в орошаемом земледелии в бассейне реки, и оно дает практически основную часть сельскохозяйственной продукции области. Водные ресурсы области используются также в добывающих, перерабатывающих и высокотехнологичных отраслях промышленности.

А в последние годы из-за повышения спроса на воду и роста дефицита в обеспечении водой возникают серьезные проблемы в развитии отраслей экономики Кашкадарьинской области. В связи с этим в июне 2011 года во время поездки в Кашкадарьинскую область Президент Республики Узбекистан И.А. Каримов обратил особое внимание на необходимость повышения водообеспеченности территории и эффективности водопользования во всех сферах жизнедеятельности области. Во исполнение указания Президента Республики Узбекистан Премьер-министр Республики Узбекистан принял и утвердил протокольное решение «О дополнительных мерах повышения безопасности и технического состояния Чимкурганского водохранилища, а также эффективного использования водных ресурсов р. Кашкадарья».

Постановка вопроса. Для достижения рационального и эффективного использования воды бассейна реки Кашкадарьи на территории области возникает необходимость эффективного сохранения и использования ее водных ресурсов, недопущения загрязнения воды и водоосбережения во всех сферах водопользования. В связи с этим, возникла необходимость разработки имитационной модели с использованием балансовых уравнений изменения количественных и качественных параметров речной воды бассейна р. Кашкадарья.

Исследование проблемы. Для создания и реализации имитационной модели в первую очередь составляем структурную схему формирования, управления и использования водных ресурсов бассейна р. Кашкадарья (рис. 1).