

позволит предотвратить попадание избыточно засоленных дренажных и сбросных вод в почвогрунты, снижая техногенную нагрузку на земли сельскохозяйственного назначения и сократить объем водопотребления на величину вторично используемого стока.

#### **Список используемых источников**

1 Самойлов, В. С. Дренаж и очистка дренажных вод / В. С. Самойлов, В. С. Левадный. – М.: Аделант, 2009. – 28 с.

2 Безднина, С. Я. Качество воды для орошения: Принципы и методы оценки / С. Я. Безднина. – М.: Изд. РОМА, 1997. – 185 с.

УДК 631.413.3:626.82:556.16:626.82.004

**Н. А. Антонова, Ю. Е. Домашенко, П. В. Калинин, С. М. Васильев**  
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

### **ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА СОЛЕПЕРЕНОСА НА КАЧЕСТВО ДРЕНАЖНЫХ ВОД ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

В статье рассматривается способ определения концентрации солей в дренажных водах с использованием математического моделирования на основании процесса солепереноса в различных типах почв.

При разработке мероприятий при эксплуатации дренажных систем на мелиоративно неблагоприятных землях необходимо соблюдать экологический баланс агроэкосистем. Одной из задач дренажных систем является поддержание водно-солевого баланса в толще почвенного профиля. Избыточные засоленные дренажные воды отводятся в природные водные объекты, вызывая их загрязнение.

Одним из возможных решений данной проблемы является создание систем двустороннего регулирования водооборотного типа, которые позволят исключить сброс дренажных вод в природные водные объекты. Для проектирования данных систем необходимо проводить предварительную оценку качества дренажных вод перед сбросом в водные объекты, которая может быть выполнена на основании математического моделирования водно-солевого баланса [1] между почвой и дренажной системой.

Миграция солей по почвенному профилю зависит от агротехнических характеристик почвогрунта и может быть описана уравнением на основании закона Дарси:

$$m \frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - v \frac{\partial c}{\partial x}. \quad (1)$$

где  $m$  – эффективная пористость;

$c$  – весовое количество солей в растворе зоны аэрации;

$t$  – время;

$D$  – осредненное значение коэффициента конвективной диффузии;

$x$  – координата.

Решение данного дифференциального уравнения требует задания пределов интегрирования при некотором начальном значении концентрации солей в толще почвенного профиля, выраженного уравнением:

$$c(x,0) = c_0(x), \quad (2)$$

$$\left( v c(x,t) - D \frac{\partial c(x,t)}{\partial x} \right) \Big|_{x=0} = v c_n, \quad (3)$$

$$\frac{\partial c(x,t)}{\partial x} \Big|_{x=L} = 0, \quad (4)$$

где  $c_0(x)$  – концентрация соли в растворе зоны аэрации в момент  $t = 0$ ;

$v$  – скорость фильтрации;

$c_n$  – концентрация той же соли в поливной воде.

Нижний предел интегрирования может быть выражен уравнением (3), верхний – уравнением (4).

Уравнение (1) представляет собой линейное уравнение Бюргерса, для которого разработано множество схем решения [2].

С целью полного анализа и учета большего количества влияющих факторов, допустим, что скорость фильтрации  $v$  не является величиной постоянной, а изменяется по закону Дарси [3]:

$$v = -\frac{k}{\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial x}, \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент проницаемости;

$\mu$  – динамический коэффициент вязкости.

Для слабосжимаемых флюидов существует зависимость плотности от давления [3]:

$$\rho = \rho_0 e^{\beta(p-p_0)}, \quad (6)$$

где  $\beta$  – коэффициент объемного сжатия жидкости,

$\rho_0, p_0$  – фиксированные значения плотности и давления соответственно.

Уравнение неразрывности, выражающее закон сохранения в гидродинамике в одномерном случае может быть записано в виде [4]:

$$\frac{\partial(v\rho)}{\partial x} = -m \frac{\partial\rho}{\partial t}. \quad (7)$$

Подставляя уравнения (5)-(6) в (7), с учетом коэффициента сжимаемости, показывающего как изменяется объем солевого раствора с изменением давления:

$$C = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial\rho}{\partial p}, \quad (8)$$

получим:

$$\frac{k}{\mu} \cdot \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = mC \frac{\partial p}{\partial t}. \quad (9)$$

Получившаяся система уравнений:

$$m \frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - v \frac{\partial c}{\partial x}, \quad (10)$$

$$v = -\frac{k}{\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial x}, \quad (11)$$

$$\frac{k}{\mu} \cdot \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = mC \frac{\partial p}{\partial t} \quad (12)$$

описывает процесс солепереноса в грунте.

Решение поставленной задачи можно произвести методом конечных разностей [3, 5] и в результате получить численные значения концентрации, давления и скорости для различных типов почв на задаваемой глубине от поверхности. На основании полученных значений составляется прогноз солесодержания дренажных вод в заданный момент времени. Зная расчетные величины концентраций солей в отводимой дренажной воде, можно определить перечень сооружений и оборудования, входящих в состав водооборотной системы.

Таким образом, согласно рассмотренной математической модели движение солевого раствора в толще почвенного профиля определяет главным образом тип почвогрунтов с его агротехническими характеристиками. Задаваясь солесодержанием оросительной воды, можно рассчитать концентрацию дренажной воды на выбранном почвенном участке. Использование принципов математического моделирования

при определении солесодержания дренажных вод позволит определить возможный риск засоления почв до осуществления сельскохозяйственной деятельности и предусмотреть мелиоративные мероприятия для предотвращения деградации почв, в том числе и режим орошения.

### **Список используемых источников**

1 Шомуратова, Ф. Теоретическое обоснование влаго- и солепереноса на орошаемом участке при наличии дренажа / Ф. Шомуратова // Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России / Моск. гос. ун-т природообустройства. – Ч. 2. – М., 2005. – С. 154-158.

2 Андерсон, Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: пер. с англ / Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. – М.: Мир, 1990. – Т. 1. – 384 с.

3 Басниев, К. С. Нефтегазовая гидродинамика / К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Г. Д. Розенберг. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005. – 544 с.

4 Ламб, Г. Гидродинамика / Г. Ламб. – М.-Л.: ОГИЗ, 1947 г. – Т. 2. – 930 с.

5 Самарский, А. А. Численные методы математической физики // А. А. Саарский, А. В. Гулин. – М.: Научный мир, 2000. – 316 с.

УДК 626.823.916

**О. А. Баев** (ФГБНУ «РосНИИПМ»)

## **ОСНОВНЫЕ ВИДЫ И СВОЙСТВА ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ГЕОКОМПОЗИТОВ ДЛЯ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЭКРАНОВ НАКОПИТЕЛЕЙ И КАНАЛОВ**

В статье представлены основные виды, свойства и области применения геосинтетических материалов, геокомпозигов и бентонитовых матов, используемых в противофильтрационных экранах накопителей отходов и каналов. Представлены свойства основного компонента бентонита – монтмориллонита. Предложены некоторые варианты конструкций противофильтрационных экранов с использованием геосинтетических материалов, обладающих значительной деформативной способностью и позволяющих воспринимать значительные нагрузки на противофильтрационный элемент.

Для предотвращения загрязнений грунтовых вод от фильтрата отвалов и накопителей различных отходов используются различные