

УДК 502/504:631.6

Д. А. МАНУКЪЯН

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

НЕПРАВОМЕРНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОДНОМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ВЛАГОСОЛЕПЕРЕНОСА ПРИ РАСЧЕТАХ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

В настоящее время многие исследователи используют одномерные модели влагопереноса при расчетах параметров горизонтального дренажа на мелиорируемых землях. Показано, что при моделировании водного и солевого режимов с помощью одномерных моделей для середины междренья не в полной мере учитывается влияние работы дренажа на динамику минерализации грунтовых вод, а также взаимосвязь и взаимовлияние солевых режимов насыщенной и ненасыщенной зон.

Горизонтальный дренаж, влагосолеперенос, одномерные модели, зона аэрации, грунтовые воды, распределенные источники.

At present many scientists use one-dimensional models of moisture transference at estimations of parameters of horizontal drainage on the reclaimed lands. It is shown that at simulating water and especially salt regimes by means of one-dimensional models for the drain middle the drainage impact on the dynamics of ground water mineralization is not fully taken into consideration as well as the interaction and interference of salt regimes of saturated and unsaturated zones.

Horizontal drainage, moisture-salt-transference, one-dimensional models, zone of aeration, ground water, distributed sources.

Разработанные в последние годы модели прогнозирования водного и солевого режимов почвогрунтов применительно к работе горизонтального дренажа учитывают пространственный характер процессов влагосолепереноса в зонах полного и неполного водонасыщения [1]. В то же время эти модели требуют значительных затрат машинного времени при решении практических задач. В этой связи многие исследователи разрабатывают модели прогнозирования, основанные на решении одномерных по вертикали задач влагосолепереноса, которые используются для расчетов искомых режимов на середине междренья. (Необходимо отметить, что использование одномерных уравнений влагосолепереноса при моделировании движения влаги и солей по линии тока может быть сопряжено с существенными ошибками [2–4]). В статье показано, что при моделировании водного и солевого

режимов на середине междренья не в полной мере учитывается влияние работы дренажа на динамику минерализации грунтовых вод, а также взаимосвязь и взаимовлияние солевых режимов зоны аэрации и грунтовых вод. Действительно одномерное уравнение неразрывности движения жидкости в следующем виде:

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = I, \quad (1)$$

где W – объемная влажность; v_y – вертикальная скорость фильтрации жидкости; I – интенсивность отбора влаги корнями растений; t – время; y – вертикальная координата, направленная вверх.

Использование уравнения для прогнозирования водного режима почвогрунтов на середине междренья не принесет существенной погрешности по сравнению с двух- и трехмерными аналогами этого уравнения. Это связано с тем, что величина и дивергенция горизонтальных потоков в зоне аэрации пренебрежимо малы, а движение

грунтовых вод обычно моделируется на основе гидравлического подхода. Решение гидравлической задачи позволяет увязать скорости фильтрации на УГВ с положением УГВ и параметрами дренажа. В связи с тем что в зоне полного водонасыщения $W \equiv \text{const}$, $I = 0$, из (1) следует:

$$\frac{\partial v_y}{\partial y} = 0 \Rightarrow v_y = \text{const}, \quad (2)$$

т.е. v_y в данном случае является функцией только времени. Это позволяет решать уравнение (1) в области с постоянными границами, причем в качестве нижней границы можно принять подошву пласта и на этой границе задавать в качестве краевого условия отток как функцию УГВ и параметров дренажа.

Итак, используя одномерное уравнение (1), можно получить решение задачи прогнозирования водного режима на середине междренья, мало теряя в точности, но заметно выигрывая в скорости решения. Однако можно сделать существенную ошибку при прогнозировании солевого режима на середине междренья, принимая в одномерных уравнениях движения солей для зоны полного водонасыщения скорость фильтрации, полученную из решения уравнения (1). В этом случае, как показано выше, $v_y = \text{const}$. Даже для середины междренья это является очень грубым предположением.

Пример: пласт на водоупоре. В этом случае на подошве пласта скорость фильтрации равна нулю, а на поверхности грунтовых вод она отлична от нуля, коль скоро работает дренаж. Следовательно, v_y является функцией не только времени, но и вертикальной координаты. Для определения зависимости v_y от координаты Y можно воспользоваться методом, который предложила П. Я. Полубаринова-Кочина в своей монографии.

Пусть q_n и q_0 – скорости фильтрации на УГВ (при $Y = h$) и подошве пласта соответственно. Уравнение неразрывности движения жидкости в зоне полного водонасыщения для случая дву-

мерной профильной фильтрации имеет следующий вид:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0, \quad (3)$$

где x, v_x – горизонтальные координаты и скорость фильтрации соответственно.

Так как в гидравлическом приближении принимают, что v_x не зависит от ординаты Y , то из (3) получим:

$$v_y = -\frac{\partial v_x}{\partial x} \cdot y + C_0. \quad (4)$$

Учитывая введенные обозначения для v_y на УГВ и подошве пласта, из (4) имеем:

$$q_n = -\frac{\partial v_x}{\partial x} \cdot h + C_0; \quad (5)$$

$$q_0 = C_0. \quad (6)$$

Учитывая (5) и (6) в (4), получим:

$$v_y = \frac{q_h - q_0}{h} \cdot y + q_0, \quad (7)$$

т.е. v_y на середине междренья можно приближенно принять линейной функцией ординаты, а дивергенцию горизонтального потока можно приближенно рассчитывать по формуле

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} \approx \frac{q_0 - q_h}{h}. \quad (8)$$

Исследуем случай, когда скорость фильтрации в насыщенной зоне принимается постоянной, т.е. попытаемся представить, какой физической задаче это эквивалентно. В результате на качественном уровне сможем понять, какая ошибка привносится таким подходом. В данном случае мы имеем условия (2) и (8). Следовательно, движение жидкости должно происходить при работе распределенного источника жидкости, значение которого приближенно равно

$$I = \frac{q_0 - q_h}{h}. \quad (9)$$

В этом случае уравнение движения солей в зоне полного водонасыщения будут иметь следующий вид:

$$m \frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial c}{\partial y} \right) - v_y C - I c + \delta, \quad (10)$$

где m – пористость; D – коэффициент конвективной диффузии; δ – источник солей.

Так как обычно для зоны полного водонасыщения решается уравнение

$$m \frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial c}{\partial y} \right) - v_y C, \quad (11)$$

то, сравнивая (10) и (11), получим:
 $\delta = IC$.

Итак, решая на середине междренья задачи (1), (11), т.е. принимая в (11) значение $v_y = \text{const}$ для грунтовых вод из (1), мы делаем ошибку, которая эквивалентна предположению существования источника солей в этой области с интенсивностью

$$\delta \approx \frac{q_h - q_0}{h} C. \quad (12)$$

Анализ показывает, что одномерные модели влагосолепереноса для прогнозирования водного и солевого режимов можно использовать на середине междренья, но в этом случае необходимо учитывать зависимость v_y от ординаты, например по (7).

Выводы

Выполненный в статье анализ показал неправомочность применения

одномерных моделей влагосолепереноса при расчетах параметров горизонтального дренажа. Оценена ошибка в расчетах указанных мелиоративных режимов, которая эквивалентна существованию источника солей в расчетной области.

1. **Borisov V. S., Manukian D. A.** Simulating of water and salt regime of soil when designing system of irrigation/Automatic Preparation and Management in Water Engineering. – Moscow: VNIIGiM, 1985. – P. 110–119.

2. **Аверьянов С. Ф.** Горизонтальный дренаж при борьбе с засолением орошаемых земель. – М.: АН СССР, 1959. – 288 с.

3. Методы фильтрационных расчетов гидромелиоративных систем / С. В. Васильев [и др.]. – М.: Изд-во «Колос», 1970. – 440 с.

4. **Плюснин И. И., Голованов А. И.** Мелиоративное почвоведение. – М.: Изд-во «Колос», 1983. – 318 с.

Материал поступил в редакцию 14.04.10.

Манукьян Давид Ашикович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Геология и гидрогеология»

Тел. 8 (495) 976-22-27

E-mail: manukian@mail.ru