

ВОДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ, ГИДРОДИНАМИКА, ГИДРОТЕХНИКА

УДК 626.862.4:551.49.51.001.57

М. Б. БАКЛУШИН, О. П. ДУДКО,
В. А. ДУХОВНЫЙ, Э. Д. ЧОЛПАНКУЛОВ

ПРОГНОЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ С УЧЕТОМ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Разнообразие естественных условий не позволяет ограничиться экспериментальными исследованиями для изучения прогноза влажности почвы и управления водным и солевым режимами почвогрунтов.

Установление количественных закономерностей формирования водно-солевого режима и управление им на основе обобщения накопившегося обширного фактического материала по режимным наблюдениям возможны только с помощью математического моделирования процессов энерго-, массо- и теплопереноса в пористых средах. Однако ввиду сложности математической модели возникает необходимость применения ЭВМ в сочетании с аналитическими методами исследования на базе высококачественных полевых и лабораторных данных, что, в конечном итоге, позволит значительно расширить возможности прогнозирования и направленного регулирования водно-солевого режима, а также повысить точность и надежность результатов расчета и качества проектов мелиоративных систем.

Для прогноза процесса передвижения влаги в ненасыщенных почвогрунтах используется нелинейное уравнение параболического типа [1]

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \operatorname{div} [D(w) \operatorname{grad} w] - \frac{\partial K(w)}{\partial z} - E_T \Phi(z), \quad (1)$$

где w — объемная влажность; $D(w)$ — диффузивность почвенной влаги; $K(w)$ — коэффициент водопроницаемости; $\Phi(z)$ — величина, учитывающая отбор влаги корневой системой растений на глубине z [2]:

$$\Phi(z) = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{\delta + u' - z}{(\delta + u')^3}}; \quad (2)$$

δ — глубина распространения корневой зоны, отсчитываемая от поверхности земли; u' — параметр, зависящий от процесса развития растений; E_T (мм) — величина транспирации, определяемая по формулам:

$$E_T = K_{cs}^{0,1} \frac{R}{R^*} e^{2,14 \frac{\left(\frac{R}{R^*}\right)^{0,96} \left(\frac{10TF \sqrt{K_{cs}}}{T^* F_M}\right)^{0,01}}{(1-r)^{0,94}}} \quad (3)$$

при $0 \leq F/F_M \leq 0,17$;

$$E_T = 6,85 \left(\frac{R}{R^*}\right)^{0,9} \left(\frac{TF \sqrt{K_{cs}}}{T^* F_M}\right)^{0,03} e^{1,03 \frac{TF \sqrt{K_{cs}}}{T^* F_M}} \quad (4)$$

при $0,17 < F/F_M < 1$;

$$E_T = 1,3 \left(\frac{R}{R^*} \sqrt{K_{cl}} \right)^{0,125} e^{2,08 \left(\frac{T}{T^*} \right) K_{cl}} \quad (5)$$

при $F/F_M = 1,0$,

где $K_{cl} = \frac{w - w_3}{w_{ппв} - w_3}$ — безразмерный коэффициент увлажнения ($K_{cl} \geq 0,15$); w_3 — влажность завядания; $w_{ппв}$ — предельная полевая влагоемкость; T — температура воздуха, °C ($T^* = 50^\circ\text{C}$); r — относительная влажность воздуха; R — радиационный баланс ($R^* = 0,8 \text{ ккал/см}^2$); F/F_M — относительная масса листовой поверхности.

При нахождении $K(w)$ и $D(w)$ использовали зависимости

$D(w) = A_1 e^{A_2 w}$, $K(w) = B_1 e^{B_2(w - w_{ппв})}$, а константы A_1 , A_2 , A_3 , A_4 определяли способом, изложенным в [3].

Прогнозные значения распределения влажности почвы $W(z, t)$

Время, сут	Глубина измерения влажности, м				
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
0,0	0,262	0,252	0,359	0,347	0,379
0,5	0,244	0,258	0,324	0,347	0,358
1,0	0,226	0,262	0,313	0,333	0,344
1,5	0,216	0,263	0,308	0,328	0,339
2,0	0,205	0,264	0,304	0,323	0,333
2,5	0,193	0,264	0,301	0,319	0,329
3,0	0,183	0,264	0,298	0,315	0,326
3,5	0,172	0,264	0,296	0,313	0,323
4,0	0,162	0,264	0,294	0,310	0,321
4,5	0,151	0,263	0,292	0,308	0,318
5,0 вычисл.	0,140	0,227	0,328	0,322	0,358
5,0 набл.	0,141	0,263	0,291	0,308	0,316
Отклонение	-0,001	-0,036	0,037	0,016	0,042

Для прогноза влажности почвы в совхозе № 18 «Фергана» Акалтынского района Сырдарьинской области использовали уравнение, записанное для одномерного случая при условиях

$$w(z, 0) = \varphi(z),$$

$$\left[K(w) - D(w) \frac{\partial w}{\partial z} \right]_{z=0} = E_\phi,$$

$$w[L(t), t] = w_{ппв},$$

где $\varphi(z)$ — начальное распределение влажности (стартовая влажность); E_ϕ — физическое испарение:

$E_\phi = E_{сум} - E_T$, где $E_{сум}$ — суммарное испарение:

$$E_{сум} = (aP_1 + b) \frac{R}{R^*}, \quad (6)$$

$$P_1 = e^{K_{cl}} \sqrt{\frac{T}{T^*} \frac{F}{F_M}} (1 - r) \left(1 + 0,15 \frac{V}{V^*} \right);$$

V — скорость ветра ($V^* = 10 \text{ м/сут}$; $a = 4,65$; $b = 10,22$).

Формулы (2) ÷ (6) получены по экспериментальным данным в САНИИРИ.

При численной реализации математической модели использован метод конечных разностей [4]. В таблице приведен прогноз влажно-

сти почвы, выполненный по программе PROGWAT, для условий указанного выше совхоза на период упреждения $t=5$ сут при

$$D(w) = 10^{-4} e^{18w}, \text{ м}^2/\text{сут},$$

$$K(w) = 0,5 e^{50(w-w_{\text{ппв}})}, \text{ м/сут},$$

и средней глубине грунтовых вод $L(t)=2,5$ м. Как следует из таблицы, максимальное отклонение наблюдаемых величин от расчетных составляет не более 5%.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] Нерпин С. В., Чудновский А. Ф. Энерго- и массообмен в системе растение — почва — воздух. — Л.: Гидрометеониздат, 1975. 358 с. [2] Духовный В. А., Баклушин М. Б., Томин Е. Д., Серебряников Ф. В. Горизонтальный дренаж орошаемых земель. — М.: Колос, 1979. 256 с. [3] Абуталиев Ф. Б., Баклушин М. Б., Ербеков Я. С., Умаров У. У. Эффективные приближенно-аналитические методы для решения задач теории фильтрации. — Ташкент: Фан, 1978. 244 с. [4] Самарский А. А. Введение в теорию разностных схем. — М.: Наука, 1971. 552 с.

Ташкентский
ордена Трудового Красного Знамени
государственный университет
имени В. И. Ленина

Поступило
4. VII 1985 г.

УДК 621.22.681.142.32