

ГИДРАВЛИКА

С. М. КАЗАРЯН, М. Я. КУЗНЕЦОВ

ВЛАГООБМЕН В ЗОНЕ АЭРАЦИИ И ГРУНТОВЫХ ВОД

Общий подход к решению задачи водного обмена в почвогрунтах требует совместного рассмотрения процессов массообмена в сложной системе, включающей все зоны движения воды. К ним относятся: фильтрация воды в зоне полного насыщения; движение влаги в зоне частичного насыщения (зона аэрации); испарение с поверхности почвы; транспирация растений.

В данной работе рассматривается модель движения влаги в почве [1] и подстилающих породах при работе одиночной скважины при различных режимах откачки из водоносных горизонтов [2, 3].

В зоне аэрации рассматривается вертикальный влагоперенос между поверхностью почвы и УГВ. В этом случае уравнение, выражающее закон сохранения объема влаги, имеет вид

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial z} + 1 \right) + f, \quad (1)$$

где Θ — объемная влажность почвы; $\Psi + z$ — гидростатический напор; Ψ — величина капиллярного потенциала при неполном влагонасыщении и величина гидростатической составляющей давления при полном насыщении; k — коэффициент влагопроводности почвы; f — интенсивность стоков, связанная с поглощением влаги корнями растений.

Зависимости $\Theta(\psi)$ и $k(\psi)$ являются известными для каждого почвенного горизонта. Граничные условия при этом на подвижной границе грунтовых вод и поверхности почвы будут:

$$\Psi = 0 \quad \text{при} \quad z = \varphi(r, t) = h_0 - S_0(r, t); \quad (2)$$

$$K \left(\frac{\partial \Psi}{\partial z} + 1 \right) = E_{\infty} - E_n - \frac{\partial (\eta \Psi)}{\partial t} \quad \text{при} \quad z = L, \quad (3)$$

где $\varphi(r, t)$, h_0 — положение границы и глубина грунтовых вод (рис. 1); $S_0(r, t)$ — понижение уровня грунтовых вод, значение которого определяется формулами [2, 3]; E_{∞} , E_n — интенсивности соответственно осадков, достигающих почвы, и физического испарения; $\eta(\Psi)$ — учиты-

васт возможность затопления поверхности почвы при интенсивных осадках, превышающих скорости впитывания:

$$\eta(\Psi) = 1 \quad \text{при } \Psi \geq 0; \quad \eta(\Psi) = 0 \quad \text{при } \Psi < 0.$$

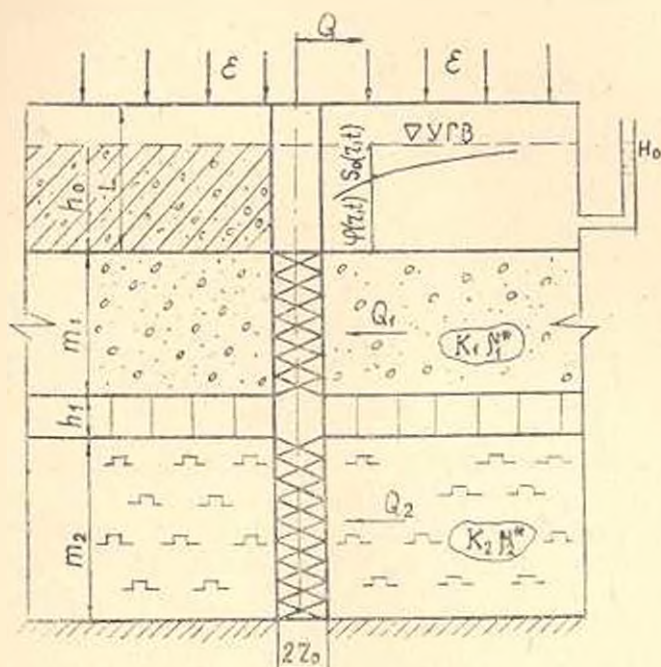


Рис. 1.

Для любой стадии онтогенеза величина f в общем виде определяется зависимостью [4, 5]

$$f = (f_k - \Psi_k) \zeta_k \Omega, \quad (4)$$

где f_k — водный потенциал внутри корней растений; Ψ_k — то же на границе почвы с поверхностью корней; ζ_k , Ω — проводимость стенок и удельная поглощающая поверхность корней.

Интеграл (4) по глубине распространения корней дает значение транспирации E_z в единице площади поля. В [5] получено следующее выражение для описания поглощения влаги корнями растений:

$$f(z, t) = E_z \frac{\omega(z) \alpha(z)}{\int_0^{h_k} \omega(z) \alpha(z) dz}, \quad (5)$$

где h_k — глубина распространения корней; $\omega(z)$ — относительная удельная поверхность корней; $\alpha(z)$ — определяется выражением [5]:

$$a(z) = \begin{cases} 0 & \text{при } \Psi < \Psi_3; \\ \lg \Psi_3 / \Psi(z) & \text{при } \Psi_3 < \Psi \leq \Psi_n; \\ \frac{E_{\max} - E_n}{E_{\max}} \frac{\lg(\Psi_3 / \Psi_2)}{\lg(\Psi_n / \Psi_2)} \lg \frac{\Psi}{\Psi_n} + \frac{E_n}{E_{\max}} \lg \frac{\Psi_2}{\Psi_n} & \text{при } \Psi_n < \Psi \leq \Psi_n; \\ \frac{E_n}{E_{\max}} \lg \Psi_3 / \Psi_n & \text{при } \Psi < \Psi_n, \end{cases} \quad (6)$$

где Ψ_n , Ψ_3 — значения всасывающего давления, отвечающие соответственно полевой влагоемкости и влажности завядания; Ψ_n — значения всасывающего давления в переувлажненной зоне, при котором транспирация достигает минимального значения E_n ; $E_{\max}$ — максимальные значения транспирации при оптимальном влагосодержании. Величина E_t вместе с физическим испарением E_n поверхности почвы составляет суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур

$$E = E_t + E_n. \quad (7)$$

При оптимальном увлажнении корнеобитаемого слоя h_k порядка $(\theta_n \dots 0,75 \theta_n)$ и достаточно высокой влажности поверхности почвы величина суммарного водопотребления стремится к величине потенциальной эвапотранспирации E_0 . Обозначая отношение $E_t / E_0 = B$ [1], получаем

$$E_t = BE_0, E_n = (1 - B) E_0. \quad (8)$$

Коэффициент B отражает степень затемненности поверхности почвы листовым покровом и зависит от фазы вегетации растений. При сомкнутом растительном покрове $B = 1$. Для зависимости $B(L)$ в [1] предложено следующее выражение

$$B(L) = 1 - \exp(-mL), \quad (9)$$

где $m = 0,44$; L — индекс листовой поверхности растений.

Величина фактического испарения с поверхности почвы E_n зависит от напряженности метеоусловий E_0 и влажности поверхности почвы:

$$E_n = \begin{cases} E_0 \frac{\varphi_n - \varphi_a}{1 - \varphi_a} (1 - B) & \text{при } \varphi_n > \varphi_a; \\ 0 & \text{при } \varphi_n < \varphi_a, \end{cases} \quad (10)$$

где φ_n , φ_a — относительная влажность почвы и воздуха; h_k и L — определяются по формулам [1]:

$$L = I_1 M, \quad h_k = |M|G, \quad (11)$$

здесь G и I_1 — константы, зависящие от фазы развития растений. Прирост биомассы определяется по формуле [5]:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{1}{K_2} E_n, \quad (12)$$

где K_E — транспирационный коэффициент, зависящий от сорта, степени влагообеспеченности, периода онтогенеза и общей биомассы растений.

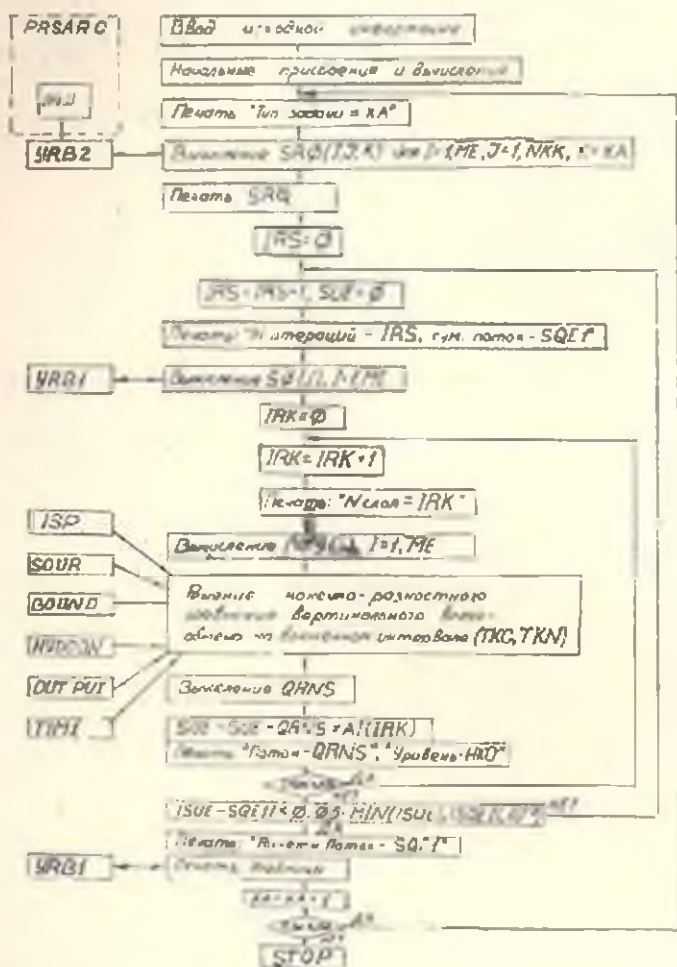


Рис. 2.

Положение УГВ при откачке из напорных горизонтов при заданных гидрогеологических условиях и режиме откачки определяется в зависимости от модуля инфильтрационного питания ε [6]. Величина ε в свою очередь зависит от радиационного баланса, физического испарения, транспирации, глубины проникновения корней и положения УГВ.

Согласно [7] имеем:

$$\varepsilon = E_{oc} \cdot I_n - E_n - E_t + \Delta W_n, \quad (13)$$

где E_{oc} , E_n , E_t — суммарные величины осадков, поливов, испарения, транспирации, осредненные по площади питания и времени; ΔW_n — изменение влагосодержания в зоне аэрации. С другой стороны по теории фильтрации:

$$\mu_0 \frac{\Delta H}{\Delta t} = \varepsilon - \frac{\Delta Q}{\omega}; \quad \varepsilon_p = \varepsilon - (m - \mu_0) \frac{\partial H}{\partial t}, \quad (14)$$

где μ_0 — коэффициент недостатка насыщения; $\Delta H/\Delta t$ — скорость изменения положения УГВ; ΔQ — разность притока и их оттока; ω — площадь расчетного элемента потока; ε_p — расчетный модуль инфильтрации; m — пористость почвогрунтов.

Применительно к откачке из одиночной скважины величина ε_p может быть найдена по следующей формуле:

$$\varepsilon_p = \frac{2 \int_{t_1}^{t_2} \int_0^R [E_{oc} + E_n - E_n - E_s - \int_{z(r,t)}^L \theta dz - \varepsilon \frac{\partial H}{\partial t}] r dr dt}{R^2 (t_2 - t_1)}, \quad (15)$$

где $t_2 - t_1$ — продолжительность откачки; R — радиус влияния скважины; $\int_{z(r,t)}^L \theta dz$ — общий влагозапас от поверхности почвы до УГВ.

Поскольку положение УГВ и величина модуля инфильтрации заранее неизвестны, то решение общей задачи влагообмена в зоне аэрации и плановой фильтрации в напорных горизонтах осуществляется методом итерации путем совместного решения уравнения (1) — (15) и $S_0(r, t)$ по формулам [2, 3].

Для численного решения модуля инфильтрационного питания по формуле (15) на ЭВМ ЕС-1035 составлена программа под названием IRRIGATE. Блок-схема указанной программы приведена на рис. 2.

АрмСХИ

25. I. 1986

II. Մ. ՂԱԶԱՐՅԱՆ, Մ. ՅԱ. ԿՈՒԶՆԵՑՈՎ

ԽՈՆԱՎԱՓՈԽԱՆԱԿՈՒՄԸ ԱԷՐԱՅԻՍՅՈՒՆ ԵՎ ԿՈՒՆՏԱՅԻՆ ՋՐԵՐԻ ԳՈՏՈՒՄ

Ա. Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Դիտարկվում է մակերևույթին ջրերի ներծծման մոդուլի որոշման խնդիրը հաշվի առնելով աէրացիայի դոստում խոնավափոխանակումը՝ կախված օդերևելույթաբանական պայմաններից, բուսականության արմատակազմից և տրասպիրացիայից, ինչպես նաև գրունտային ջրերի հորիզոնի իջեցումից, որն առաջանում է ճնշումային շերտերից ջրհորի միջոցով տարրեր ուժիմունքով ջրաման հետևանքով: Առաջարկված բանաձևի հիման վրա ЕС—1035 էլեկտրոնային հաշվիչ մեքենայի վրա կազմված է ալգորիթմ թվային մեթոդով մակերևույթին ջրերի ներծծման մոդուլի հաշվման համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Моделирование продуктивности агроэкосистем. / Н. Ф. Бондаренко, Е. Е. Жуковский, И. Г. Мушкин и др.— Л.: Гидрометиздат, 1982.— 261 с.
2. Казарян С. М. Движение подземных вод к скважине в неоднородно-слоистом пласте при откачке из нижнего водоносного горизонта.— Изв. АН АрмССР (сер. ТН), 1984, XXXVII, № 6, с. 17—25.
3. Казарян С. М. Движение подземных вод к скважине в неоднородно-слоистом пласте при откачке из двух напорных горизонтов.— Изв. АН СССР, (сер. МЖГ), 1985, № 6, с. 117—125.
4. Нерпин С. В., Чудновский А. Ф. Энерго- и массообмен в системе растение—почва—воздух.— Л.: Гидрометиздат, 1976.— 358 с.
5. Нерпин С. В., Кузнецов М. Я. Выпитывание влаги корнями растений при неоднородном поле влажности.— Докл. ВАСХНИЛ, 1980, № 6, с. 33—36.
6. Олейник А. Я., Крелоз В. С., Тельми С. В. Численно-аналитические решения задач фильтрации и влагопереноса в зоне аэрации при исследовании процессов подполения и идентификации гидрогеологических параметров.— В кн.: Сб. науч. трудов. Математическое моделирование гидрогеологических процессов. Новосибирск, 1984, с. 112—119.
7. Харченко С. Н. Гидрология прошаемых земель.— Л.: Гидрометиздат, 1973.— 372 с.