

УДК 502/504:631.67

А. И. ГОЛОВАНОВ

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

М. М. АЛИ АБДЕЛАЗИМ

Фаюм университет, Египет

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ ЕГИПТА

Отбор влаги корнями растений является одним из главных расходных факторов, влияющих на динамику влагозапасов в увлажняемой зоне. Рассмотрены особенности формирования водного режима почв при канальном орошении сада.

Водный режим почв, капельное орошение, Египет, глубина увлажнения, динамика влагозапасов, транспирация, расход влаги, водобалансовый расчет.

Water withdrawal by plants roots is one of the main consumption factors which influence the dynamics of water reserves in the zone of moistening. The peculiarities of formation of the soils water regime under drip irrigation of a garden are considered.

Soils water regime, drip irrigation, Egypt, depth of moistening, dynamics of water reserves, transpiration, water use, water balance estimation.

Капельное орошение чаще всего применяют при поливе садов, виноградников и ягодников. Рассмотрим особенности формирования водного режима почв при капельном орошении сада. В зависимости от схемы посадки одно дерево размещается на площади f_d от 20 до 40 м² (рис. 1).

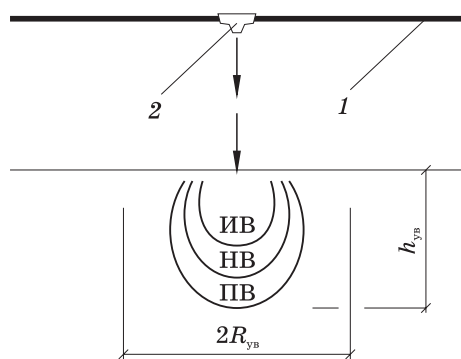


Рис. 1. Схема увлажнения почвы при капельном орошении: ПВ – полая влагоемкость; НВ – наименьшая влагоемкость; ИВ – исходная влагоемкость; $R_{ув}$ – радиус зоны увлажнения; $h_{ув}$ – глубина увлажнения; 1 – поливной трубопровод; 2 – капельница

Расход почвенной влаги на транспирацию деревом можно определить по сле-

дующей зависимости:

$$E_{тр} = K_6 E_0 F_k \text{ л / дерево / сут,} \quad (1)$$

где $E_{тр}$ – испаряемость, зависящая от погодных условий, которую можно рассчитать по формуле Н. Н. Иванова –

$$E_{тр} = 0,0061(25 + T)^2 (1 - 0,01a) \text{ мм / сут,} \quad (2)$$

где T – температура воздуха, $с$; a – относительная влажность воздуха; K_6 – биологический коэффициент (по оценке А. И. Голованова, для фруктовых деревьев он изменяется в пределах 0,35...0,55 в зависимости от облиственности дерева); F_k – площадь проекции кроны дерева, м².

Отбор влаги корнями дерева из увлажняемой зоны вычисляется по формуле А. И. Голованова:

$$E_{тр}^{ув} = \varepsilon E_{тр}, \quad (3)$$

$$\text{где } \varepsilon = 0,9 / (1 + \phi_{нув} \frac{f_{нув}}{\phi_{ув}} F_{ув}); \quad (4)$$

$$\phi_{нув} = \zeta_{нув} W_{нув}; \quad \phi_{ув} = \zeta_{ув} W_{ув}; \quad (5)$$

$$f_{нув} = 2\omega_{нув} - \omega_{нув}^2; \quad \omega_{нув} = \frac{(\omega_{нув} - B3)}{(p - B3)}; \quad (6)$$

$$f_{ув} = 2\omega_{ув} - \omega_{ув}^2; \quad \omega_{ув} = \frac{(\omega_{ув} - B3)}{(p - B3)}; \quad (7)$$

где $W_{нув}$ – объем неувлажняемой части корнеобитаемой зоны, $W_{нув} = W_k - W_{ув}$; $W_{ув}$ – то же увлажняемой зоны, $W_{ув} = F_{ув} h_{ув}$; $F_{ув}$ – площадь увлажняемой зоны, м²; $h_{ув}$ – глубина увлажняемой зоны, м; W_k – объем корнеобитаемой зоны, $W_k = F_d h_{кc}$; $h_{кc}$ –

толщина корнеобитаемого слоя, м; $\zeta_{\text{нуб}}$ – удельная плотность корней в неувлажняемой зоне; $\zeta_{\text{ув}}$ – то же в увлажняемой зоне; $\omega_{\text{нуб}}$ – средняя влажность почвы в неувлажняемой части корнеобитаемой зоны, доля объема (обычно она уменьшается к осени, что ведет к росту ε , следовательно, к росту отбора влаги из увлажняемой зоны); $\omega_{\text{ув}}$ – средняя влажность почвы в увлажняемой зоне, доля объема –

$$\omega_{\text{ув}} = \omega_{\text{мин}} + \frac{(\omega_{\text{макс}} - \omega_{\text{мин}})}{3}, \quad (8)$$

где $\omega_{\text{мин}}$ – предполивная влажность почвы; $\omega_{\text{макс}}$ – влажность почвы в увлажняемой зоне к концу полива (обычно $\omega_{\text{мин}}$ назначают в пределах 0,6...0,7 НВ, $\omega_{\text{макс}} = \text{НВ}$, в расчетах эти влажности переводят в доли объема почвы); p – пористость почвы; ВЗ – влажность почвы, при которой корни дерева прекращают отбор влаги (примерно ВЗ = 1,3...1,5 максимальной гигроскопичности почвы).

Пример. Рассчитаем зависимость коэффициента ε от влажности почвы неувлажняемой части корнеобитаемой зоны по формуле (4) для суглинистого чернозема при $p = 0,48$; ВЗ = 0,13; НВ = 0,7; $p = 0,7 \cdot 0,48 = 0,34$; $\omega_{\text{мин}} = 0,65\text{НВ} = 0,65 \cdot 0,34 = 0,22$; $\omega_{\text{макс}} = \text{НВ} = 0,34$; $\omega_{\text{увср}} =$

$$= \omega_{\text{мин}} + \frac{1}{3}(\omega_{\text{макс}} - \omega_{\text{мин}}) = 0,22 + \frac{1}{3}(0,34 - 0,22) = 0,26;$$

$$\omega_{\text{ув}} = \frac{(\omega_{\text{увср}} - \text{ВЗ})}{(p - \text{ВЗ})} = \frac{(0,26 - 0,13)}{(0,48 - 0,13)} = 0,37;$$

$$f_{\text{ув}} = 2\omega_{\text{ув}} - \omega_{\text{ув}}^2 = 2 \cdot 0,37 - 0,37 \cdot 0,37 = 0,6.$$

Площадь, приходящаяся на одно дерево, $f_{\text{д}} = 24 \text{ м}^2$, толщина корнеобитаемого слоя $h_{\text{кк}} = 1 \text{ м}$, объем корнеобитаемой зоны $W_{\text{к}} = 24 \text{ м}^3$, площадь увлажняемой зоны $f_{\text{ув}} = 4 \text{ м}$, глубина увлажняемой зоны $h = 1 \text{ м}$, объем увлажняемой зоны $W = 1 \text{ м}$, объем неувлажняемой части корнеобитаемой зоны $W_{\text{нуб}} = 24 - 4 = 20 \text{ м}^2$. При отношении удельных плотностей корней в неувлажняемой и увлажняемой зонах $\zeta_{\text{нуб}} / \zeta_{\text{ув}} = 0,2$. Подставляя в формулу (4) другие известные величины, получаем: $\varepsilon = 0,9 / (1 + 21,2F_{\text{нуб}})$. (9)

Отбор влаги корнями из неувлажняемой части корнеобитаемой зоны рассчитываем так:

$$E_{\text{тр}}^{\text{ув}} = (1 - \varepsilon)E_{\text{тр}}. \quad (10)$$

На рис. 2 зависимость изображе-

на графически, она будет использована в дальнейшем для расчета режима поливов.

Испарение с поверхности почвы в саду невелико, поскольку обычно применяют так называемую пропашную систему содержания междурядий, т. е. поверхность почвы периодически рыхлят дисковыми боронами для уничтожения сорняков и уменьшения потерь воды на испарение. Капельные поливы увлажняют очень небольшую поверхность почвы, в конце полива диаметр мокрого пятна не превышает 0,2...0,4 м, но все-таки в водобалансовых расчетах расход влаги на испарение учитывают и принимают его зависящим не только от температуры и влажности приземного слоя воздуха, но и от степени затененности междурядий и влажности верхнего слоя почвы.

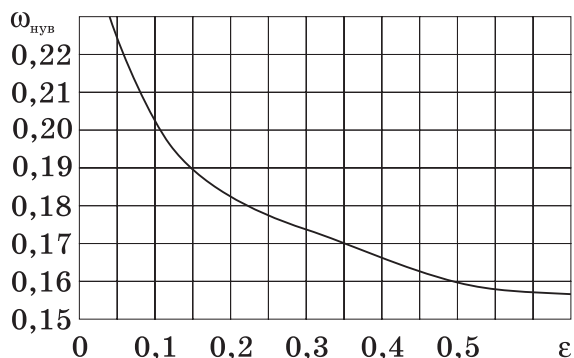


Рис. 2. Зависимость $\omega_{\text{нуб}}$ от ε

Испарение с неувлажняемой части поверхности почвы, приходящейся на одно дерево, приближенно можно рассчитать по формуле

$$E_{\text{ф}}^{\text{нуб}} = f_{\text{ф}}^{\text{нуб}} E_{\text{о}} \frac{(F_{\text{д}} - F_{\text{к}})}{F_{\text{д}}} F_{\text{нуб}}, \quad (11)$$

а испарение с увлажняемой поверхности – по формуле

$$E_{\text{ф}}^{\text{ув}} = f_{\text{ф}}^{\text{ув}} E_{\text{о}} \frac{(F_{\text{д}} - F_{\text{к}})}{F_{\text{д}}} F_{\text{ув}}, \quad (12)$$

где $f_{\text{ф}}^{\text{нуб}}$, $f_{\text{ф}}^{\text{ув}}$ – коэффициенты, учитывающие влияние иссушения верхнего слоя почвы на испарение:

$$f_{\text{ф}}^{\text{нуб}} = \frac{\omega_{\text{о}}^{\text{нуб}} - \text{МГ}}{p - \text{МГ}}; \quad f_{\text{ф}}^{\text{ув}} = \frac{\omega_{\text{о}}^{\text{ув}} - \text{МГ}}{p - \text{МГ}}, \quad (13)$$

где $\omega_{\text{о}}^{\text{нуб}}$, $\omega_{\text{о}}^{\text{ув}}$ – средняя за вегетацию влажность

поверхностных слоев почвы на увлажняемой и увлажняемой частях площади соответственно.

Приближенно можно принять, что $\omega_o^{HYB} = \omega_{min}$. Тогда для условий предыдущего примера при пористости почвы $p = 0,48$ и максимальной гигроскопичности ($MG = 0,1$) $f_f^{HYB} = (0,22 - 0,1)/(0,48 - 0,1) = 0,32$.

На увлажняемой части поверхности влажность верхних слоев почвы примерно равна $\omega_o^{YB} = \omega_{YB}$, т. е. средневзвешенной влажности в промежутке между двумя поливами для условий предыдущего примера:

$$f_f^{YB} = (0,26 - 0,1)/(0,48 - 0,1) = 0,42.$$

В формулах (11) и (12) F_{HYB} и f_f^{YB} – площади увлажняемой и увлажняемой поверхностей, соответственно $F_{HYB} + F_{YB} = F_d$.

Одним из главных расходных факторов динамики влагозапасов в увлажняемой зоне является горизонтальный отток в прилегающую зону, объем которого зависит от диапазона регулирования влажности при поливах. Так, в суглинистых почвах при поддержании предполивной влажности на уровне 0,60 НВ горизонтальный отток примерно равен расходованию влаги на транспирацию, а если назначать поливы при более высокой влажности, порядка 0,70...0,80 НВ, то горизонтальный отток может быть в 1,2–1,7 раза больше транспирации.

При расчете горизонтального оттока влаги из увлажняемой зоны надо иметь в виду то, что этот процесс отличается от обычной фильтрации, так как происходит при неполном насыщении пор влагой. Для этого необходимо иметь зависимость коэффициента влагопроводности от влажности:

$$k_o = \alpha_{an} k_\phi \left[\frac{(\omega_{YB} - MG)}{(p - MG)} \right]^5, \quad (14)$$

где k_o – коэффициент влагопроводности, м/сут; k_ϕ – коэффициент фильтрации увлажняемого слоя почвы, обычно определяемый в полевых условиях методом налива, т. е. при вертикальной фильтрации.

В связи с этим необходимо учиты-

вать возможную анизотропию почвы, т. е. неодинаковость значений коэффициента фильтрации в вертикальном и горизонтальном направлениях, что может быть существенным для почв, образовавшихся на лессовидных породах. Поэтому в формулу (14) вводится коэффициент анизотропии α_{an} , для лессовидных грунтов он может быть равен 0,3...0,6.

Для расчета оттока из увлажняемой зоны необходимо решить уравнение движения влаги (при неполном насыщении), происходящего по всем трем направлениям (трехмерный поток), что значительно осложняет расчет режима поливов при капельном орошении, так как требует разработки специальных программ и применения компьютерных программ (такие программы разработаны А. И. Головановым на кафедре мелиорации и рекультивации земель ФГБОУ ВПО МГУП). Приближенно отток влаги из увлажняемой зоны можно рассчитать по формуле А. И. Голованова:

$$от = \alpha_b m(1 - e^{-t}), \quad (15)$$

где α – коэффициент, учитывающий вертикальный отток влаги из увлажняемой зоны в подстилающие слои корнеобитаемой зоны, примерно $\alpha = 1,1...1,2$; m – поливная норма, л/дереву;

$$\bar{t} = \frac{t}{\tau}; \quad \tau = R_{YB}^2 c_o / k_o,$$

где t – время, отсчитываемое от начала полива, сут; R_{YB} – радиус увлажняемой зоны, м; c_o – коэффициент влагоемкости почвы, зависящий от ее влажности и от капиллярных свойств почвы, м⁻¹.

1. Голованов А. И. Водообмен и оросительные нормы // Природообустройство. – 2008. – № 3. – С. 5.

2. Иванов Н. Н. Карта испаряемости равнинной части СССР: труды ЛГУЛ. – Сер. География. – Л.: ЛГУЛ, 1959. – С. 13.

Материал поступил в редакцию 03.05.12.

Голованов Александр Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры «Мелиорация и рекультивация земель»
Тел. 8 (499) 153-96-28

Абдельазим Махмуд Мохамед Али, кандидат технических наук