

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ ПРИ ЛОКАЛЬНОМ СПОСОБЕ ПОЛИВА

А.Д. Ахмедов

(ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград, Российская Федерация)

Keywords: irrigation regime, irrigation norm, subsoil irrigation, circuit moisture, irrigation norm.

Summary: Examines various methods of calculation of the subsoil irrigation. Specify the formulas for calculation of irrigation norms at the local surface irrigation methods. In comparison with other ways of calculating this has allowed to considerably save irrigation water under the same parameters soil moistening.

Режим внутрисочвенного орошения основывается на непрерывном поддержании контура увлажнения на уровне оптимального минимума от наименьшей влагоемкости. При этом рекомендуется производить поливы часто, но малыми поливными нормами.

Для правильного проведения внутрисочвенного орошения необходимо учитывать следующие параметры: водно-физические свойства почвы и глубину корнеобитаемого слоя (в зависимости от биологических особенностей культуры и фаз ее роста и развития), необходимые для определения норм вегетационных поливов; оптимальную влажность почвы перед поливом для каждого периода развития культуры; суммарное количество воды, потребляемой культурой в течение вегетационного периода (оросительную норму); длительность межполивных периодов с целью оптимального снабжения растений водой в каждую фазу развития.

Существует несколько методов для расчета поливных норм при внутрисочвенном орошении, основными из которых являются:

- метод В.Г. Лободы, основанный на учете нормы добега, объема воды, впитываемой в почву от начала подачи в увлажнитель до того момента, когда струя достигнет его конечного сечения;
- метод О.Е. Ясониди, учитывающий наименьший и наибольший радиусы контуров увлажнения, а также длину увлажнителя и их количество на 1 га площади орошения;
- метод Н.П. Яковлева и В.С. Разуваева, учитывающий среднюю скорость впитывания, удельный расход одного увлажнителя, число и длину увлажнителей на 1 га;
- метод Н.Р. Хамраева, основанный на учете максимальной молекулярной влагоемкости, мощности активного слоя почвы и коэффициента, определяющего степень необходимости создания промывного режима;
- метод Д.П. Гостищева, в основе которого лежит биоклиматический подход, учитывающий технологии и особенности увлажнения почвогрунта при ВПО.

В многолетних исследованиях по ВПО сельскохозяйственных культур, проводимых авторами в условиях Нижнего Поволжья на основании рекомендаций М.С. Григорова, величину поливной нормы рассчитывали по формуле академика А.Н. Костякова с учетом коэффициента, отражающего характер распределения воды в почве [5]:

$$m = \alpha \cdot H \cdot 100 \cdot (W_{HB} - W_n) \cdot \gamma_{об}, \quad (1)$$

где m – поливная норма, м³/га; α – коэффициент, учитывающий характер распределения воды, поступающей из увлажнителей в почву ($\alpha < 1$); H – мощность расчетного слоя почвы, м; W_{HB} – влажность расчетного слоя почвы, % от массы сухой почвы и соответствующая H_B ; W_n – влажность почвы на участке перед поливом, % от массы сухой почвы; $\gamma_{об}$ – плотность почвы, т/м³.

Величина α была установлена А.А. Богушевским и проверена М.С. Григоровым на основе анализа экспериментальных данных по соотношению площади увлажненного контура и площади между осями труб в пределах глубины расчетного слоя почвы. В зависимости от механического состава почв и расстояний между увлажнителями коэффициент α изменяется в пределах 0,4–0,7. Например, расстояния между увлажнителями на участке ВПО в АОЗТ «Ахтубинский» были равны 1,5 м. В связи с этим величина коэффициента α для наших исследований была принята равной 0,7 м [3, 4].

При поливе садов существуют свои особенности. В условиях орошаемого земледелия Волгоградской области водопотребление садов практически целиком определяется поливным режимом, устанавливаемым для орошаемых насаждений с учетом густоты стояния и возраста плодовых деревьев, их биологических особенностей. Основными параметрами, определяющими оросительную норму и поливной режим сада, служат: глубина промачиваемого слоя почвы, влажность почвы на начало полива и при наименьшей влагоемкости, плотность почвы, количество осадков.

При внутрипочвенном орошении рядом исследователей предлагается определять поливную норму с учетом эллипсоидной формы образуемого в результате полива контура увлажнения следующим образом [2]:

$$m = 0,0314 \cdot \alpha \cdot b \cdot l \cdot n \cdot \gamma_{об} \cdot (\beta_{нв} - \beta_{ф}); \quad (2)$$

$$m = 0,0065 \cdot H \cdot B \cdot l \cdot n \cdot \gamma_{об} \cdot (\beta_{нв} - \beta_{ф}), \quad (3)$$

где a, b – минимальный и максимальный радиусы контура увлажнения, соответственно равные половине его ширины и глубины, м; l – длина увлажнителя, м; n – число увлажнителей на 1 га, шт.; H – расчетная глубина увлажняемого слоя почвы, считая от поверхности земли, м; B – средняя ширина полосы увлажнения почвогрунта, м.

Приведенные формулы расчета поливной нормы справедливы в случае, когда распределение влаги происходит по всей длине увлажнителя, что соответствует орошению культур сплошного сева, и не учитывают особенности полива рядовых плодовых насаждений. При локальном внутрипочвенном орошении часть площади всего поля остается неувлажненной, и, следовательно, при назначении поливных норм необходимо знать оптимальные размеры очага увлажнения, соответствующего размещению основной массы корней растений.

Для изучаемой конструкции форма контура увлажнения в плане представляет собой фигуру, состоящую из двух половинок эллиптических цилиндров и двух половинок эллипсоидов вращения, параметры которой зависят от водно-физических свойств почв. При этом площадь увлажнения будет зависеть от числа перфораций, устанавливаемого для полива одного растения. Следовательно, поливная норма для одиночного растения (контура) будет иметь следующий вид:

$$m = 10 \cdot F \cdot h \cdot \gamma \cdot (\beta_{нв} - \beta_{пв}), \quad (4)$$

где F – площадь питания растения, м²; h – глубина расчетного слоя почвы, м.

Учитывая форму пространственной области увлажнения почвы, образуемой вокруг одного перфорированного участка внутрипочвенного увлажнения, а также локальный характер увлажнения почвы, получаем, что расчет объема контура увлажнения может быть выполнен по формуле

$$V_{эл} = \pi \cdot a \cdot b \cdot \left(l' + \frac{4}{3}b \right) = 3,14 \cdot a \cdot b \cdot (l' + 1,33 \cdot b), \quad (5)$$

где a и b соответственно – половина высоты и ширина контура увлажнения почвы, м; l' – длина одного перфорированного участка увлажнителя, м.

Подставив в формулу (4) вместо F $V_{эл}$ из формулы 5 и преобразовав зависимость А.Н. Костякова, получим:

$$m = 10 \cdot V_{эл} \cdot \gamma \cdot (\beta_{нв} - \beta_{пв}) = 3,14 \cdot a \cdot b \cdot (l' + 1,33b) \cdot \gamma (\beta_{нв} - \beta_{пв}). \quad (6)$$

Оптимальные размеры контура увлажнения: $a = 0,5$ м, $b = 0,5$ м. Средние значения плотности почвы и наименьшей влагоемкости для всех горизонтов почв опытного участка соответственно составляли: $\gamma_{об} = 1,53$ т/м³, $W_{HB} = 19,6$ %.

При проведении полевых исследований по ВПО в ОАО «Сады Придонья» нами был принят режим орошения яблоневого сада с использованием поливных норм, рассчитанных на основе полученной формулы (4). В сравнении с другими способами расчета это позволило значительно экономить поливную воду при одинаковых заданных параметрах увлажнения почвы (табл.).

Сравнение принятой величины поливной нормы с вычисленной по различным формулам

Расчетная формула	Величина поливной нормы при различной предполивной влажности почвы, м ³ /га		
	60% НВ	70% НВ	80% НВ
$m = 100 \cdot H \cdot \gamma_{об} \cdot (\beta_{HB} - \beta_{ПР}) \cdot \alpha$	716	504	305
$m = 0,0314 \cdot \alpha \cdot b \cdot l \cdot n \cdot \gamma_{об} \cdot (\beta_{HB} - \beta_{\phi})$	249	180	109
$m = 0,0065 \cdot H \cdot B \cdot l \cdot n \cdot \gamma_{об} \cdot (\beta_{HB} - \beta_{\phi})$	301	217	132
$m = 3,14 \cdot a \cdot b \cdot (l' + 1,33b) \cdot \gamma(\beta_{HB} - \beta_{ПВ})$	193	153	101

Правильно подобранная поливная норма создает в расчетном слое почвы запасы влаги, равные НВ. Максимально допустимая поливная норма составляет:

$$m_{max} = Q_{уд} \cdot t_{дон}, \quad (7)$$

где $Q_{уд}$ – удельный расход на 1 га, м³/ч; $t_{дон}$ – продолжительность подачи воды, ч.

Зная эту величину, легко определить время полива:

$$t_n = \frac{m}{nQl}, \quad (8)$$

где l – длина увлажнителя, м; n – количество увлажнителей; Q – расход поглощаемой воды, л/с.

Минимальная поливная норма определяется нормой добега. При этом должно выполняться условие:

$$m_{min} \geq (3-5) m_{доб}, \quad (9)$$

где $m_{доб}$ – объем воды (на единицу площади, обслуживаемую увлажнителем), который впитывается в почву от начала подачи в увлажнитель до того момента, когда струя достигнет его конечного сечения, определяется:

$$m_{доб} = (10q_0 t_{доб})bl, \quad (10)$$

где q_0 – расход воды в голове увлажнителя, л/с; $t_{доб}$ – время добега, ч, равно

$$t_{доб} = \frac{l}{V_0}, \quad (11)$$

где l – длина увлажнителя, м; V_0 – скорость движения воды в голове увлажнителя, м/с; b – рациональное расстояние между увлажнителями, м.

Оросительная норма восполняет дефицит суммарного водопотребления, которое включает в себя расход влаги на транспирацию растений и испарение почвы. Следовательно, зная суммарное водопотребление за весь период вегетации при оптимальном увлажнении, а также естественное увлажнение, можно определить оросительную норму:

$$M = E - 10\mu P - (W_H - W_K) - K, \quad (12)$$

где M – оросительная норма, м³/га; E – суммарное водопотребление культуры, м³/га; P – количество полезных осадков за период вегетации, м³/га; μ – коэффициент использования осадков – для теплого периода 0,7–0,8, для холодного 0,2–0,4; W_H – запас почвенной влаги в корнеобитаемом слое почвы во время посева, м³/га; W_K – запас почвенной влаги в корнеобитаемом слое почвы в период уборки, м³/га; K – количество влаги, поступающей капиллярным путем, используемое растением за счет грунтовых вод, м³/га.

Расчет суммарного водопотребления проводится по дефицитам влажности воздуха методом А.М. Алпатьева [1]:

$$E = K_{\delta} \Sigma d, \quad (13)$$

где E – суммарное водопотребление, мм; K_{δ} – биоклиматический коэффициент; Σd – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за вегетационный период культуры, мм.

Величина биоклиматических коэффициентов устанавливается или для определения интервалов времени (декады), или для различных фаз развития культур путем деления фактических расходов влаги на сумму дефицитов влажности воздуха за этот же период.

Число вегетационных поливов определяется по формулам:

$$n = \frac{M}{N} \text{ и } n = \frac{M - m_{\text{вл}}}{m}, \quad (14)$$

где $m_{\text{вл}}$ – норма влагозарядкового полива, м³/га; M – оросительная норма, м³/га.

Продолжительность полива определяют для увлажнителей различных конструкций в зависимости от поливной нормы и установившегося расхода воды в увлажнителе по формуле

$$T = mS \frac{1000}{qn}, \quad (15)$$

где T – продолжительность полива, сут.; m – поливная норма, м³/га; S – площадь расчетного поливного участка, га; n – число увлажнителей, обслуживающих участок; q – установившийся расход воды одного увлажнителя в зависимости от напора в голове, л/с.

После определения оросительной и поливной нормы, а также числа поливов устанавливаются сроки поливов. Сроки полива определяют с помощью интегральной кривой дефицита водного баланса. Дефицит водного баланса за каждую декаду суммируется в виде нарастающего итога от начала до конца периода при оптимальном водоснабжении растений. По интегральной кривой осредненного дефицита водного баланса и заданной поливной норме определяют сроки поливов.

В зависимости от метеорологических условий и ритмов развития растений фактические расходы воды полем по периодам изменяются в значительных пределах. В связи с этим биоклиматический коэффициент является переменной величиной. Для каждого вида растений изменение биоклиматического коэффициента имеет свои закономерные особенности. Общей закономерностью для всех культур служит то, что биоклиматический коэффициент достигает наибольшей величины в июле-августе и наименьшей – в начале и конце вегетационного периода.

Литература

1. Алпатьев С.М. Методические указания по расчету режима орошения сельскохозяйственных культур на основе биоклиматического метода. Киев, 1967. 30 с.
2. Ахмедов А.Д. Расчет распространения влаги в почве при внутрисочвенном орошении // Основы достижения устойчивого развития сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посв. 60-летию образования Волгоградской государственной сельскохозяйственной академии. Волгоград, 2004. С. 137–138.
3. Богушевский А.А. Подпочвенное орошение: дис. ... канд. техн. наук. М., 1955. С. 37–143.
4. Григоров М.С. Внутрисочвенное орошение. М.: Колос, 1993. 128 с.
5. Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.: Госсельхозиздат, 1960. 622 с.