

Polish Academy of Sciences  
University of Engineering and Economics in Rzeszów  
University of Life Sciences in Lublin  
Faculty of Production Engineering

# **MOTROL**

**COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS  
IN AGRICULTURE**

**AN INTERNATIONAL JOURNAL  
ON OPERATION OF FARM  
AND AGRI-FOOD INDUSTRY MACHINERY**

**Vol. 17, No 9**

**LUBLIN – RZESZÓW 2015**

## РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

*Александр Караев, Сергей Сушко, Николай Горбач*  
*Таврический государственный агротехнологический университет*  
*пр. Б.Хмельницкого 18, Мелитополь, Украина*

*Aleksandr Karaiev, Sergey Sushko, Nikolai Gorbach*  
*Tavria State Agrotechnological University*  
*B.Khmelnsky Avenue, 18, Melitopol, Ukraine*

**Аннотация.** Определено, что при применении существующих методов для назначения режимов орошения (срока и нормы полива) растений сельскохозяйственных культур поливы проводятся с опозданием на 2-3 дня. Предложен метод определения срока и нормы полива растений сельскохозяйственных культур с использованием данных мониторинга климатических характеристик, представленных такими показателями: среднесуточная температура воздуха, среднесуточная относительная влажность воздуха и количество атмосферных осадков за 11 лет наблюдений (значения показателей определяют по данным метеорологических станций, расположенных вблизи объекта орошения). При определении срока полива данным методом предполагается вычисление среднесуточной испаряемости с использованием среднесуточной температуры воздуха и среднесуточной относительной влажности воздуха по уточненной формуле, а срок первого полива определяют путем составления баланса осадков и испаряемости. Поливная норма определяется как разность расчетной суммарной испаряемости предыдущего межполивного периода и количества осадков. Определение периода между поливами осуществляется таким образом - после проведения первого полива рассчитывают среднесуточную испаряемость и в соответствии с полученными данными по предложенной формуле рассчитывают дату проведения следующего полива. По алгоритму метода определения режима орошения разработана компьютерная программа, которая позволяет рассчитать норму и продолжительность полива, а также длительность межполивного периода.

Представлены результаты экспериментальной проверки, которой подтверждена эффективность применения предложенного метода на примере плодовых культур. Применение метода обеспечивает своевременное проведение поливов и значительную экономию материальных, энергетических и трудовых ресурсов по сравнению с другими методами.

**Ключевые слова:** режим орошения, полив, температура воздуха, относительная влажность воздуха, количество осадков, испарение, мониторинг агроклиматических показателей

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Климатической особенностью южных регионов Украины является то, что годовое количество атмосферных осадков составляет от 350 мм до 500 мм,

которые за вегетационный период распределяются неравномерно [1, 2, 3, 4]. По статистическим данным периоды без осадков продолжаются до 100 суток и наблюдаются один раз в три года [3], что говорит о необходимости применения искусственного орошения при выращивании сельскохозяйственных культур.

Главным назначением любой системы орошения является обеспечение растений необходимым количеством воды в соответствующие фазы их роста и развития, а совокупность сроков и норм полива называют режимом орошения [3]. Назначение режима орошения может быть осуществлено разными методами [5, 6, 7]. В настоящее время наиболее распространенным является метод, основанный на термостатно-весовом способе определения влажности почвы, который считается наиболее точным [6, 7]. Однако при его применении расходуются значительные материальные, энергетические и трудовые ресурсы, а поливы проводятся с опозданием на 2-3 дня [8].

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для назначения режима орошения часто используется тензиометрический метод, который позволяет проводить определение влажности почвы с помощью тензиометров, регистрирующих давление почвенной влаги. Тензиометры калибруют на автоматическую регистрацию критической влажности почвы, соответствующей данной культуре, способу полива и водно-физическим свойствам почвы [9, 10, 11].

Поливы также могут назначаться по испарению с водной поверхности [3] с применением испарителя ДГИ-3000, который имеет площадь водной поверхности 3000 см<sup>2</sup> и глубину резервуара 65 см. Использование этого прибора позволило уменьшить трудоемкость определения поливных норм и повысить оперативность назначения сроков поливов. Однако, при применении данного метода, первый полив назначается все же по термостатно-весовому методу. Для этого нужно постоянно следить за влажностью почвы в течение 2-3 месяцев (апрель-июнь) каждые 10 дней. Исследованиями [12, 13, 14] была установлена идентичность показателей и тесная корреляционная зависимость между испарением с водной поверхности и испаряющим фоном, рассчитанным по уточненной нами формуле Н.Н. Иванова

[7], которая включает среднесуточную температуру и относительную влажность воздуха. Поэтому, для назначения сроков и норм вегетационных поливов, возникла необходимость разработки водобалансового метода с использованием климатических показателей и количества атмосферных осадков.

#### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Разработать метод назначения режима орошения, снижающий материальные, энергетические, трудовые затраты и повышающий оперативность принятия решений про необходимость проведения поливов.

#### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Определение срока полива сельскохозяйственных культур проводится с использованием мониторинга климатических характеристик местности последующим показателям [13, 14]: среднесуточная температура воздуха  $t_a$ , среднесуточная относительная влажность воздуха  $r$  и суммарное количество атмосферных осадков  $O$  за период наблюдения. Значения показателей определяют по данным метеорологической станций, расположенной в непосредственной близости к объекту орошения.

Среднесуточную испаряемость  $E_0$  в миллиметрах вычисляют с использованием среднесуточной температуры воздуха и среднесуточной относительной влажности воздуха  $r$  по уточненной нами формуле [13]:

$$E_0 = 6 \cdot 10^{-5} (t_a + 29)^2 (100 - r), \quad (1)$$

где:  $t_a$  – среднесуточная температура воздуха, °С;  $r$  – среднесуточная относительная влажность воздуха, %.

Срок первого полива определяют путем составления баланса осадков и испаряемости ( $\Sigma O - \Sigma E_0$ ). Календарную дату дня первого полива  $N$  определяют как день прогнозируемого месяца, в котором накопленные за осень и зиму запасы почвенной влаги будут израсходованы на эвапотранспирацию, т.е.

$$(\Sigma O - \Sigma E_0) < 0. \text{ Эту дату вычисляют по формуле: } N = (\Sigma O - \Sigma E_0) / E_0, \quad (2)$$

где:  $E_0$  – среднесуточная испаряемость, мм;  $O$  – осадки, мм.

Например, согласно данным таблицы 1, расход запасов влаги произойдет в мае. За период с ноября предыдущего года по апрель текущего года включительно, сумма осадков  $\Sigma O$  составила 178,6 мм, а суммарная испаряемость  $\Sigma E_0$  за это же время составила 104,3 мм. Тогда, среднесуточная испаряемость  $E_0$  в мае, рассчитанная по формуле (1), составила 3,8 мм.

Тогда по формуле (2):

$$N = (178,6 - 104,3) / 3,8 = 19,6 \text{ дней}$$

Итак, первый полив назначается на 20 мая.

**Таблица 1.** Значения количества атмосферных осадков, испаряемости и их баланса за 11 лет наблюдений (данным Мелитопольской метеостанции), мм

**Table 1.** Average amount indices of atmospheric precipitation and evaporation (according to the data of Melitopol meteorological station observation for 11 years), mm

Месяц	Осадки ( $\Sigma O$ )	Испаряемость ( $\Sigma E_0$ )	Баланс ( $\Sigma O - \Sigma E_0$ )
Январь	37,7	12,7	+25,0
Февраль	34,9	18,2	+16,7
Март	43,7	32,4	+11,3
Апрель	40,1	76,3	-36,2
Май	40,6	119,3	-78,7
Июнь	49,3	137,1	-87,8
Июль	40,5	175,2	-134,7
Август	55,1	153,2	-98,1
Сентябрь	34,5	99,9	-65,4
Октябрь	36,1	56,1	-20,0
Ноябрь	46,6	21,1	+25,5
Декабрь	42,5	13,2	+29,3
Сумма	501,6	914,8	-413,2

Поливная норма  $m$  (мм) определяется как разность расчетной суммарной испаряемости  $E_0$  предыдущего межполивного периода и количества осадков  $O$  за этот же период по формуле:

$$m = K \cdot K_3 (\Sigma E_0 - \Sigma O), \quad (3)$$

где:  $K$  – коэффициент пропорциональности, характерный для культуры и технологии орошения (0,5-1,2);  $K_3$  – коэффициент увлажнения (значение при микроорошении находится в границах от 0,1 до 0,5).

Продолжительность полива  $T$  в часах исчисляется по формуле:

$$T = \frac{10^3 m}{\Sigma G}, \quad (4)$$

где:  $m$  – поливная норма, мм;  $\Sigma G$  – расход воды водовыпусками на 1 га, л / час.

После проведения первого полива определяют среднесуточную испаряемость по формуле (1). В соответствии с полученными данными определяют дату проведения следующего полива по формуле (2).

По алгоритму метода назначения режима орошения разработана компьютерная программа. Она позволяет рассчитать норму и продолжительность полива, а также длительность межполивного периода по известным данным об изменении климатических характеристиках местности в течение определенного временного периода, параметрах системы орошения, типу почвы, глубины увлажнения [15]. Расчет календарной даты первого полива проводят по данным мониторинга за атмосферными осадками, температурой и влажностью воздуха. Интерфейс диалогового окна программы приведен на рис. 1.

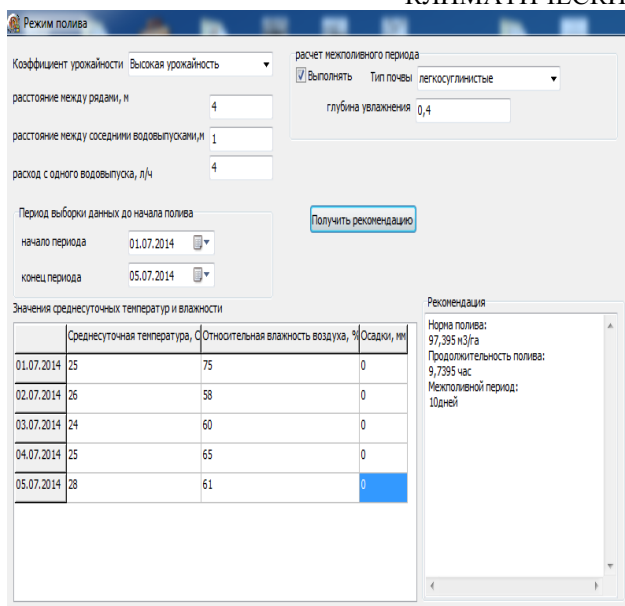


Рис. 1. Диалоговое окно программы расчета режима орошения.

Fig. 1. Program dialogue box for irrigation mode calculating.

Для проверки данного способа назначения режима орошения проведены полевые исследования по определению зависимости влажности почвы от испаряемости. Полевые исследования проводили на черноземах южных в саду научно-производственного участка Мелитопольской опытной станции садоводства на площади 0,8 га в молодых насаждениях (7-8 лет) персика и яблони. В опытах использовались районированные сорта персика Юбилейный Сидоренко, Памяти Сидоренко на подвое Подвойный и сорта яблони Айдаред, Голден Делишес, Флорина на подвое М9. В опытах были предусмотрены [16,17,18] следующие варианты: контроль (без орошения), поливной режим с назначением поливов по термостатно-весовому методу при снижении влажности до 70% НВ в слое почвы 0- 60 см на персике и слое почвы 0-40 см на яблоне, а также три разных поливные режимы в насаждениях персика 80, 100, 120% от (Е-О) и 70, 90, 110% от (Е-О) в насаждениях яблони.

Орошение персикового сада осуществлялось стационарной системой мелкодисперсного подкромового дождевания, оборудованной дождевателями центробежного типа с расходом воды 20 л / ч (по два на дерево). Орошение яблоневого сада осуществлялось системой капельного орошения [19, 22] с водовыпусками с расходом воды 1,5 л / ч, установленных через каждые 0,6 м.

Результаты проведенных исследований (2006-2011 гг.) показали, что наиболее высокая обеспеченность корнеобитаемого слоя почвы влагой без орошения была в начале вегетации (апрель) и составляла 84 - 92% НВ. Уже в мае наблюдали интенсивное снижение влажности почвы в насаждениях персика до влажности разрыва капилляров (ВРК = 67% НВ), которое продолжалось до октября. В интервале от ВРК до влажности увядания (ВУ = 55% НВ), влага в почве считается труднодоступной для

растений. В августе влажность грунта снижалась до ВУ и ниже.

Близкой к вышеуказанным данным была влажность почвы на участках насаждений персика, которые поливались в соответствии с вариантом 80% от (Е-О), особенно в июне и июле. Это свидетельствует о том, что данный вариант не обеспечивает поддержание влажности в данных условиях на оптимальном уровне. Влажность почвы на других вариантах режима орошения в насаждениях персика течение всего вегетационного была выше ВРК. Обеспеченность почвы влагой была высокой, но не чрезмерной. Перспективным для персика является вариант 100% от баланса (Е-О). При микроорошении в яблоневом саду в корнеобитаемом слое почвы при всех вариантах орошения обеспеченность влагой была высокой (73,6-92,6% НВ). На участке варианта 70% от баланса (Е-О) умеренная влажность почвы, ниже ВРК, наблюдалась в июле. В условиях естественного увлажнения, ВРК наступала в июне и держалась до октября включительно. Без орошения в июле-августе содержание влаги в почве снизилось до влажности увядания и ниже, при этом влага в корнеобитаемом слое почвы была труднодоступной для яблони. В насаждениях яблони лучшим был вариант орошения 90% от баланса (Е-О). Эффективность орошения [20] насаждений персика и яблони, при различных вариантах назначения поливов, представлена в таблице 2.

Таблица 2. Эффективность орошения плодовых насаждений

Table 2. Irrigation efficiency of fruit plantations

Вариант орошения	Урожай, т/га	Масса плода, г	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Эффективность орошения, кг/м <sup>3</sup>	Водопотребление	
Персик (2008 - 2011)						
Контроль	5,7	136	-	-	3583	628
70% НВ	14,7	171	1223	12	4364	297
120% (Е-О)	15,1	173	1380	10,9	4607	305
100% (Е-О)	14,5	165	1150	12,6	4309	297
80% (Е-О)	10,5	156	919	11,4	4286	408
НСР <sub>0,05</sub>	2,8	17				
Яблоня (2007 - 2011)						
Контроль	4,8	120	-	-	3427	714
80% НВ	9,5	174	597	15,9	3902	411
110% (Е-О)	9	181	673	13,4	4000	444
90% (Е-О)	9,1	167	556	16,3	3755	413
70% (Е-О)	7,3	147	458	15,9	3631	497
НСР <sub>0,05</sub>	1,1	19				

## ВЫВОДЫ

1. На примере плодовых культур установлено, что предложенный метод назначения режима орошения является эффективным.

2. Наилучшим вариантом орошения для персика является 100% от баланса (Е-О), а для яблони 90%.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ромашенко М.И. 2004. Микроорошение сельскохозяйственных культур. Мелиорация и водное хозяйство. Вып. 90, 6-8. (Украина).
2. Константинов А.Р. 1968. Испарение в природе. - Л.: Гидрометеиздат, 531.

3. **Водяницкий В.И. 2002.** Режимы капельного орошения яблоневых садов. Садоводство и виноградарство. № 6. 4-6.
4. **Павлова М.Д. 1974.** Практикум по агрометеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 131.
5. **Алпатьев С.М. 1981.** Поливные режимы при капельном и капельно - инъекционном орошении. Гидротехника и мелиорация. № 2, 40-41.
6. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого увядания растений: ГОСТ 28268-89. М.: Госстандарт СССР, 1989. - 20.
7. **Константинов А.Р. 1969.** Испаряемость и ее применение в агрометеорологических расчетах. Тр. УкрНИИГИМ. Л.: Гидрометеиздат, 112.
8. **Воронин Н.Г. 1989.** Орошаемое земледелие. М.: Агропромиздат, 336.
9. **Бальбеков Р.А., Бородычев В.В, Салдаев А.М. 2003.** Новая система капельного орошения. Мелиорация и водное хозяйство. № 4, 6-9.
10. **Дементьев В.Г. 1979.** Орошение. М.: Колос, 303.
11. Европейская технология капельного орошения в овощеводстве / Методические рекомендации. - Каховка: „Чумак” - 2004. - 20.
12. Земледелие в условиях недостаточного увлажнения (научные и перспективные выводы). - К.: Аграрная наука, 2000. - 80.
13. Пат. 26714 Украины, МКИ А 01 О 25/00. Способ определения сроков полива / Горбач М.М., Козлова Л.В., Позднякова Т.П., владелец патента Ин-т орош. сад. им. М.Ф. Сидоренко УААН. - № U200702553, заяв. 12.03.07., опублик. 10.10.07, бюл. № 16..
14. Патент Украины № 31899. МПК А 01 G 25/00. Способ назначения срока и нормы полива / Горбач М. М., Козлова Л. В., Тихонский С.Г.; собственник патента ин-т орош. сад. им. М.Ф. Сидоренко УААН. - № U 200714166; заявл. 17.12.07; опублик. 25.04.08, бюл. № 8 (Украина).
15. Техника сельскохозяйственная. Порядок разработки, испытаний и внедрения машинных технологий: КД 46.16.01.02: 1992: - Офици. изд.- К.:УкрЦВТ, 1992,- 12. - (Руководящий документ Украинского центра испытания техники) (Украина).
16. **Марков Ю.А. 1985.** Программа и методика исследований по орошению плодовых и ягодных культур. Мичуринск, 116.
17. **Добровольский Г.В. 2004.** В.А. Ковда: жизнь и научное наследие (к 100 -тию со дня рождения) / Отв. ред. Г.В. Добровольский. М.: Наука, 228.
18. **Коваленко П.И., Мшайлов Ю.О. 1999.** Рациональное использование водных ресурсов при орошении. К.: Аграрная наука, 135.
19. **Ромашенко М.И., Корюненко В.М. 2006.** Особенности применения и эксплуатации систем капельного орошения. Агроном. №2, 18-26 (Украина).
20. **Ольгаренко Г.В. 2004.** Перспективы развития технологий и техники орошения. Мелиорация и водное хозяйство. №3, 30-33.
21. **Маслак В., Насонкина Н., Гутарова М., Яковенко К., Чумак А. 2014.** Анализ норм водопотребления в Украине. MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. Lublin. Vol. 16. No 6. 43-52.
22. **Дубровин В., Броварець А., Надим А. 2014.** Состояние проблемы и необходимость разработки комплекса оборудования для полива винограда при выращивании в природно-климатических зонах Ирака. MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. Lublin. Vol. 16. No 3. 202-207.

#### CALCULATING METHOD FOR DEFINING IRRIGATION MODES USING CLIMATIC INDICES

**Summary.** It has been defined that when applying the existing methods for irrigation modes (the term and the norm of watering) for crop plants the waterings are conducted with 2-3 days delay. The method for defining the terms and watering norms for crops using the monitoring data of climatic characteristics having been presented by such indices as average daily air temperature, relative humidity and rainfall for 11 years of monitoring (the indicators meanings are being defined by the data of meteorological stations located nearby the object of irrigation) has been proposed. When defining the term of watering using the proposed method the calculation of average daily relative vaporability is presupposed by using average daily air temperature and average daily relative vaporability according to more accurate formula while the term of the first watering is being derived by means of making up the balance between the rainfall and vaporability. The watering norm is being defined as the difference of the calculated total vaporability of the preceding inter-watering period and the rainfall. Defining the period between the watering is being done in such a way – after conducting the first watering the average daily vaporability is being calculated and in accordance to the data having been obtained, using the proposed formula, the date of conducting the next watering is being calculated. According to the algorithm for irrigation mode defining the computer program has been worked out, it enables to calculate the norm and the duration of watering as well as the duration of the inter-watering period.

The results of experimental testing have been presented; they confirm the efficiency of using the proposed method at the example of fruit crops. The application of the method provides in-time watering conducting as well as considerable saving of material, power and human resources if comparing with other methods.

**Key words:** irrigation mode, watering, air temperature, relative air humidity, precipitation amount, vaporability, climatic indices monitoring.