

УДК 502/504:631.67

**В. В. ПЧЕЛКИН, В. О. ГЕРАСИМОВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

**ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ КАРТОФЕЛЯ  
НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ  
ВОДОРАЗДЕЛОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*На основе опытных данных получена эмпирическая формула для расчета водопотребления картофеля. Приведены биологические коэффициенты  $K_6$  и коэффициенты  $K_w$ , учитывающие влажность корнеобитаемого слоя почвы  $V$  течение вегетационного периода 2013–2014 годов. были проведены исследования на опорно-мелиоративном пункте «Дубна», расположенном в Сергиево-Посадском районе Московской области. На основании полученных данных был составлен водный баланс и получено уравнение регрессии между водопотреблением и суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха. В данное уравнение были включены биологические коэффициенты, полученные опытным путем и с помощью расчетов, коэффициент корреляции связи этих данных равен 0,825. Уточненную эмпирическую формулу рекомендуется использовать для расчета водопотребления картофеля для условий орошаемых дерново-подзолистых почв водоразделов Московской области. Получены расчетные значения водопотребления. Построен график связи фактического водопотребления картофеля за вегетационный период 2013–2014 годов с расчетным. Коэффициент корреляции этой связи равен 0,9667, что говорит о тесной связи рассматриваемых признаков. Рекомендуется для учета снижения интенсивности водопотребления картофеля в начале и конце периода вегетации использовать в расчетах полученные биологические коэффициенты. Определено влияние снижения влажности почвы на водопотребление, получены коэффициенты, учитывающие влажность корнеобитаемого слоя почвы.*

*Вода, почва, орошение, картофель, водопотребление.*

*On the basis of the experimental data an empiric formula has been obtained for estimation of potatoes water consumption. There are given biological coefficients  $K_6$  and coefficients  $K_w$ , taking into accounts the moisture content of the root-inhabited soil layer. During the vegetation period of the 2013–2014 years there were carried out investigations on the base-reclamation station «Dubna» located in the Sergiev-Posadsky region of the Moscow area. On the basis of the received data there was made a water balance and received an equation of regression between water consumption and amount of average daily deficits of air humidity. This equation included biological coefficients obtained by both experimental way and calculations, the correlation coefficient of this data connection is equal to 0,825. The specified empiric formula is recommended to be used for calculation of potatoes water consumption for the conditions of irrigated sod-podzol soils of the Moscow area watersheds. The rated values of water consumption were obtained. The diagram was built of the connection of the actual potatoes water consumption for the vegetation period of 2013-2014 with the calculating one. The correlation coefficient of this connection is equal to 0.9667 that says about the close connection of the considered features. It is recommended for registration of the intensiveness decreasing of potatoes water consumption at the beginning and end of the period of vegetation to use the obtained biological coefficients in calculations. There is determined the influence of soil moisture decreasing on water consumption, there are received the coefficients taking into account the humidity of the soil root-inhabited layer.*

*Water, soil, irrigation, potatoes, water consumption.*

Одной из основных расходных статей водного баланса является водопотребление, которое состоит из физического испарения и транспирации растений. На испарение с поверхности почвы оказывают влияние только внешние факторы и влажность почвы, а на транспирацию воздействуют как внешние факторы, так и свойства растений. При оптимальной влажности почвы –

это потенциальное суммарное водопотребление, которое исследовалось в работе В. В. Пчелкина\* в условиях осушаемых пойменных земель.

Водный режим пойменных земель и водоразделов складывается различным образом, так как глубина грунтовых вод этих элементов рельефа местности будет различна. При глубоких грунтовых водах, характерных для водосборов, преобладает промывной режим почвы, то есть отсутствует капиллярное подпитывание зоны аэрации со стороны грунтовых вод. Капиллярное подпитывание зоны аэрации на пойменных землях при неглубоком залегании грунтовых вод составляет значительную часть водного баланса. Естественно предположить, что отсутствие капиллярного питания зоны аэрации со стороны грунтовых вод на водоразделах окажет влияние на водопотребление картофеля. Поэтому, чтобы использовать эмпирическую формулу, полученную В. В. Пчелкиным, необходимо провести исследования и уточнить коэффициенты уравнения регрессии, биологические коэффициенты и коэффициенты, учитывающие влажность почвы.

Исследования проводились на опорном мелиоративном пункте «Дубна» в Сергиево-Посадском районе Московской области на дерново-подзолистых почвах водоразделов. Опыты проводились на делянках размером 80 м<sup>2</sup> каждая. При этом, делянка делилась на 4 учетные площадки размером 3,2х3,2 м. Для оценки влияния влажности почвы на урожай картофеля влажность почвы поддерживалась в корнеобитаемом слое 0...40 см с помощью орошения в следующих интервалах: 1 делянка – 0,60...0,70 от полной влагоемкости (ПВ) почвы; 2 делянка – 0,70...0,80 от ПВ; 3 делянка – 0,80...0,90 от ПВ; 4 делянка (контроль) – без орошения.

Среднее многолетнее количество осадков за май–август составило 226 мм, за этот период в 2013 г выпало 176 мм, а в 2014 г – 183 мм, таким образом эти годы по осадкам оказались засушливыми. Средняя температура воздуха за май–август в районе исследований со-

ставляла +15,8 °С, т. е. 2013–2014 годы оказались по этому показателю теплыми (в 2013 г. средняя температура +17,8 °С, в 2014 г – +17,3 °С)

Были получены данные по водопотреблению из водного баланса лизиметров при оптимальной влажности почвы (0,63...0,77 от ПВ), используя которые, составлены статистические ряды и получено уравнение регрессии между водопотреблением картофеля сорта «невский» и суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха за декадные периоды (количество членов ряда составило 11 пар).

Необходимо учитывать то, что в статистические ряды были включены декадные значения водопотребления картофеля в периоды с хорошо развитой корневой системой и листьями, смыкающимися в рядке. В расчеты были включены данные с первой декады июня по вторую декаду июля в 2013 году, и с первой декады июня по третью декаду июля в 2014 году. Исключали величины водопотребления второй и третьей декады мая, третьей декады июля и первой декады августа в 2013 году и второй, третьей декады мая и первой декады августа в 2014 г. Использовали зависимость, полученную В. В. Пчелкиным:

$$E = 1,32 d_s^{0,77}, R^2 = 0,94 \quad (1)$$

где  $E$  – испаряемость, мм/дек.;  $d_s$  – дефицит влажности воздуха, мб/дек.

Связь испаряемости картофеля, рассчитанная по формуле (1), с дефицитом влажности воздуха показана на рисунке 1.

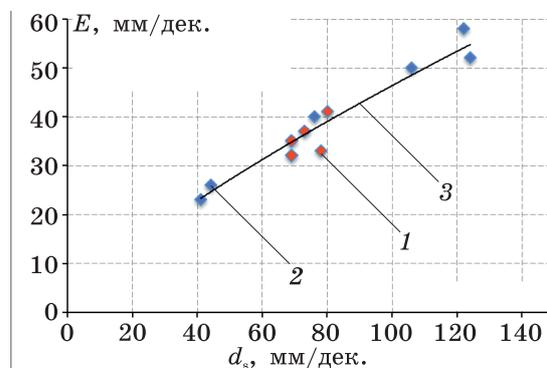


Рис. 1. Связь испаряемости картофеля с суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха: 1 – данные за 2013 год; 2 – данные за 2014 год; 3 – кривая по зависимости (1)

\* Пчелкин В. В. Обоснование мелиоративного режима осушаемых пойменных земель. – М.: КолосС, 2003. – 253 с.

Коэффициент корреляции этой связи для картофеля равен  $0,970 \pm 0,081$ , а коэффициент детерминации  $0,94$ . Это означает, что в  $94\%$  случаев колебания водопотребления картофеля в рассматриваемых условиях обусловлены колебаниями дефицита влажности воздуха.

Таблица 1

Эмпирические коэффициенты  $a$  и  $b$

Культура	$a$	$b$
картофель сорта «невский»	1,32	0,77

При расчете водопотребления необходимо учитывать биологические особенности картофеля. С этой целью в формулу (1) необходимо включить биологические коэффициенты  $K_6$ , которые определялись по формуле:

$$K_6 = E_{\phi} / E_p, \quad (2)$$

где  $E_{\phi}$  – водопотребление, определенное по водному балансу лизиметров, мм/дек.;  $E_p$  – испаряемость, рассчитанная по формуле (1), мм/дек.

Для аппроксимации экспериментальных значений биологических коэффициентов картофеля были составлены статистические ряды с 1 по 8 декады для 2013 и 2014 годов (рис. 2). Определялись зависимости между номером декады и биологическими коэффициентами. Таким образом, было получено уравнение регрессии:

$$K_6 = 0,593 + 0,179 tr - 0,017 tr^2, \quad (3)$$

где  $tr$  – номер декады.

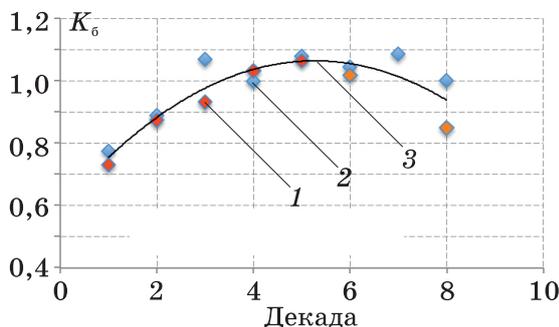


Рис. 2. Связь биологических коэффициентов картофеля с номером декады: 1 – данные за 2013 год; 2 – данные за 2014 год; 3 – кривая по зависимости (3)

Коэффициент корреляции связи в (3) равен  $0,825 \pm 0,15$ , что свидетельствует о

тесной связи между расчетными и фактическими значениями биологических коэффициентов картофеля. Результаты расчетов по уравнению (3) приведены в таблице 2.

Таблица 2

Биологические коэффициенты картофеля по декадам

Номер декады	1	2	3	4	5	6	7	8
$K_6$	0,75	0,88	0,98	1,04	1,06	1,06	1,01	0,94

При введении в формулу (1) значений биологических коэффициентов картофеля, полученных по (3), уравнение регрессии приобретает следующий вид:

$$E = K_6 1,32 d_s^{0,77}. \quad (4)$$

Кроме биологических особенностей на водопотребление растений так же влияет влажность корнеобитаемого слоя почвы. С целью учета влияния влажности почвы на водопотребление в формулу (4) вводится соответствующий коэффициент  $K_w$ :

$$E = K_w K_6 1,32 d_s^{0,77}. \quad (5)$$

Связь водопотребления картофеля с влажностью почвы показана на рисунке 3. Коэффициент корреляции связи  $\beta$  равен  $0,91 \pm 0,17$ . Из графика видно, что с увеличением влажности почвы увеличивается водопотребление картофеля до  $0,72$  от ПВ. Дальнейшее увеличение влажности почвы практически не оказывает влияние на водопотребление. Значения коэффициентов, учитывающих влажность почвы приведены в таблице 3.

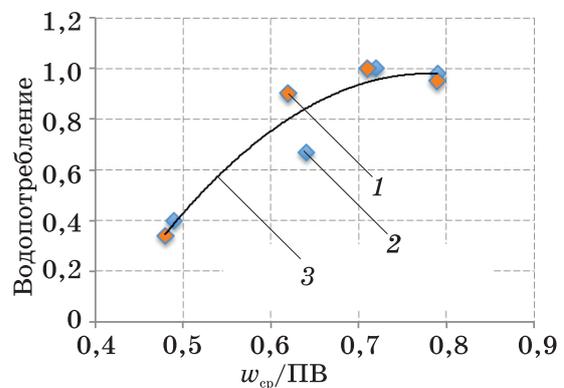


Рис. 3. Связь водопотребления картофеля с влажностью  $w$  дерново-подзолистой почвы: 1 – данные за 2013 год; 2 – данные за 2014 год

Таблица 3

## Коэффициенты, учитывающие

## влажность почвы

Влажность почвы	0,72...0,8 от ПВ	0,7 от ПВ	0,6 от ПВ	0,5 от ПВ
$K_w$	1	0,92	0,76	0,44

Анализ рисунка 3 показал, что при влажности почвы 0,72...0,8 от ПВ водопотребление достигает максимальных значений и не меняется. Снижение влажности почвы до 0,7 от ПВ уменьшает водопотребление на 8 %, а снижение влажности почвы до 0,60 от ПВ и 0,50 от ПВ уменьшает водопотребление соответственно на 24 и 66 %. В результате, эмпирическая формула с диапазоном применимости 40...125 мб/дек. для расчета водопотребления картофеля приняла следующий вид:

$$E = K_w K_6 a d_s^b, \quad (6)$$

где  $E$  – водопотребление картофеля, мм/сут;  $K_w$  – коэффициент, учитывающий влажность корнеобитаемого слоя почвы;  $K_6$  – биологический коэффициент;  $d_s$  – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мб;  $a, b$  – эмпирические коэффициенты, учитывающие климатическую зону и почвы.

На рисунке 4 представлен график связи фактического водопотребления картофеля на делянке № 2 (2013–2014 годы) с расчетным по формуле (6). Коэффициент корреляции равен  $0,967 \pm 0,085$ , что говорит о тесной связи рассматриваемых признаков.

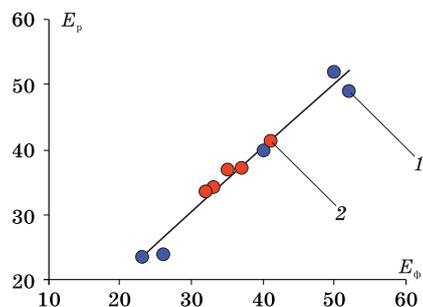


Рис. 4. Связь фактического водопотребления картофеля по данным с делянок  $E_{\phi}$  с расчетным  $E_p$  по формуле (6): 1 – данные за 2013 год; 2 – данные за 2014 год

## Выводы

Для учета снижения интенсивности водопотребления в начале и конце периода вегетации получены биологические коэффициенты для картофеля (табл. 2). Определено влияние снижения влажности почвы на водопотребление, получены коэффициенты, учитывающие влажность корнеобитаемого слоя почвы (табл. 3). Уточнена эмпирическая формула (6) для расчета водопотребления картофеля, которую можно рекомендовать для условий орошаемых дерново-подзолистых почв водоразделов Московской области.

Материал поступил в редакцию 14.01.2015.

**Пчелкин Виктор Владимирович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Мелиорация и рекультивация земель»

E-mail: [vpchelkin@cln.ru](mailto:vpchelkin@cln.ru)

Тел.: +7-916-976-67-93

**Герасимов Вячеслав Олегович**, аспирант

E-mail: [ostvich@bk.ru](mailto:ostvich@bk.ru)