

Оригинальная статья

УДК 502/504:631.671

DOI: 10.26897/1997-6011-2021-2-36-42

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ВОДОРАЗДЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДЕЙ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

ПЧЁЛКИН ВИКТОР ВЛАДИМИРОВИЧ , д-р техн. наук, профессор
9766793@mail.ru

НИКИТИНА МАРИНА АНАТОЛЬЕВНА, старший преподаватель
ma_nikitina1@mail.ru

СУРИКОВА НАТАЛЬЯ ВЯЧЕСЛАВОВНА, канд. техн. наук, доцент
gushin1963@bk.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, г. Москва, Тимирязевская, 49. Россия

Анализ известных методов расчета водопотребления многолетних трав в условиях дерново-подзолистых почв водораздельных территорий показал, что ни один метод не дает результатов необходимой точности. На основании этого были выполнены научные исследования для получения формулы водопотребления многолетних трав, которые проводились на опытно-мелиоративном пункте «Дубна» в Московской области. Опыты проводились на опытных делянках и в лизиметрах. В ходе проведения опытов в лизиметрах получена эмпирическая формула для расчета водопотребления многолетних трав. При проведении научных исследований по водному режиму дерново-подзолистых почв при орошении многолетних трав была использована методика, разработанная на кафедре мелиорации и рекультивации земель РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Методом математической статистики получено уравнение регрессии. Коэффициенты корреляции данной зависимости – $R = 0,96 \pm 0,069$. Установлены эмпирические коэффициенты для данного уравнения, зависящие от природно-климатической зоны и типа почв. Определены биологические коэффициенты многолетних трав и коэффициенты, учитывающие снижение влажности почвы от оптимальных значений. Представлен график закономерности изменения потенциального водопотребления многолетних трав в Московской области с суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха за декадные периоды в 2012-2014 гг. Выявлена интенсивность снижения водопотребления в начале и в конце периода вегетации. Получено снижение суммарного водопотребления многолетних трав после укосов. Приведен график связи фактического суммарного водопотребления многолетних трав E_{ϕ} (данные опытных делянок) с расчетным E_p по формуле. Коэффициент корреляции данной зависимости равен $R = 0,987 \pm 0,031$.

Ключевые слова: вода, почва, орошение, многолетние травы, водопотребление

Формат цитирования: Пчёлкин В.В., Никитина М.А., Сурикова Н.В. Водопотребление многолетних трав на дерново-подзолистых почвах водораздельных площадей Нечерноземной зоны // Природообустройство. – 2021. – № 2. – С. 36-42. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-2-36-42.

© Пчёлкин В.В., Никитина М.А., Сурикова Н.В., 2021

Scientific article

WATER CONSUMPTION OF PERENNIAL GRASSES ON SOD-PODZOLIC SOILS OF WATERSHED AREAS OF THE NON-CHERNOZEM ZONE

PCHELKIN VICTOR VLADIMIROVICH , doctor of technical sciences, professor
9766793@mail.ru

NIKITINA MARINA ANATOLIEVNA, Senior Lecturer
ma_nikitina1@mail.ru

SURIKOYA NATALIA VYAHESLAVOVNA, candidate of technical sciences, associate professor

gushin1963@bk.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after C.A. Timiryazev; 127434, Moscow, Timiryazevskaya, 49. Russia

The analysis of the known methods for calculating water consumption of perennial grasses under the conditions of sod-podzolic soils of watershed territories has shown that no method gives the results of the required accuracy. Based on this, scientific studies were carried out to obtain a formula of water consumption of perennial grasses which were fulfilled at the Dubna experimental reclamation station in the Moscow region. The experiments were carried out on experimental plots and in lysimeters. In the course of experiments in lysimeters, an empirical formula for calculating water consumption of perennial grasses was obtained. When conducting scientific research on the water regime of sod-podzolic soils during irrigation of perennial grasses, there was used a method developed at the department of land reclamation and recultivation of RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev. The regression equation is obtained by the method of mathematical statistics. The correlation coefficients of this dependence are $R = 0.96 \pm 0.069$. The empirical coefficients for this equation are established which depend on the natural and climatic zone and the type of soil. The biological coefficients of perennial grasses and the coefficients that take into account the decrease in soil moisture from the optimal values are determined. There is presented a graph of the regularity of changes in the potential water consumption of perennial grasses in the Moscow region with the sum of the average daily air humidity deficits for decade periods in 2012-2014. The intensity of the water consumption decrease at the beginning and end of the vegetation period was revealed. A decrease in the total water consumption of perennial grasses after mowing was obtained. The graph of the relationship between the actual total water consumption of perennial grasses E_f (data from experimental plots) and the calculated E_p according to the formula is given. The correlation coefficient of this dependence is $R = 0.987 \pm 0.031$.

Keywords: water, soil, irrigation, perennial grasses, water consumption

Format of citation: Pchelkin V.V., Nikitina M.A., Surikoya N.V. Water consumption of perennial grasses on sod-podzolic soils of watershed areas of the non-chernozem zone // Prirodoobustrojstvo. – 2021. – № 2. – S. 36-42. DOI: 10.26897/1997-6011-2021-2-36-42.

Введение. Территория южно-таежной подзоны Нечерноземной зоны России занимает площадь 2.45 млн кв. км. Эта подзона делится на две провинции: Прибалтийскую и Среднерусскую. Земельные ресурсы Среднерусской провинции включают в себя 9 млн га пашни, которая на 85% расположена на дерново-подзолистых почвах, причем 30% этих почв сформировались на водораздельных площадях. Получение максимальной продуктивности сельскохозяйственных культур зависит от поддержания в период вегетации оптимального водно-воздушного режима почв, который достигается с помощью современных оросительных систем. В процессе разработки данных систем возникает задача расчета режима орошения сельскохозяйственных культур. При этом основной расходной статьёй режима орошения является водопотребление или суммарное испарение растений.

В России разработаны различные методы определения суммарного водопотребления растений такими учеными, как А.М. Алпатьев [1], А.М. Алпатьев, В.П. Остапчик,

1971 [2], М.И. Будыко, 1956 [3], Н.В. Данильченко, 1978 [4], Н.А. Качинский [5], А.Р. Константинов, 1968 [6], А.Н. Костяков, 1960 [7], С.И. Харченко, 1975 [8], и др.

За рубежом вопросами расчета суммарного водопотребления занимались М.А. Абоамера, S.M. Aly; Y.M. Aha, 2000 [9], A.E. Badr; G.A. Baker; M.T. El-Tantawy, 2006 [10], M. EidH; N.G. Ainer; M.A. Metwally, 1987 [11], F. Klatt, 1967 [12], T.K. Zin El-Abedin, 2006 [13], и др.

Результаты расчетов и сравнительный анализ показали, что ни одна из методик определения водопотребления многолетних трав в условиях проведения исследований не дала результатов необходимой точности [8]. В этой связи возникает задача получить формулу для расчета водопотребления многолетних трав, а также уточнить коэффициенты, входящие в формулу.

Материалы и методы исследований. Экспериментальные исследования по режиму орошения многолетних трав были проведены в 2012-2014 гг. на опытном участке РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

в Московской области, Сергиево-Посадском районе вблизи дер. Селково. Полевые опыты проводились на делянках площадью 80 м² каждая, в трехкратной повторности:

- 1 – диапазон влажности почвы на варианте 1 был принят как (0,6-0,7) ПВ;
- 2 – на варианте 2 в диапазоне (0,7-0,8) ПВ;
- 3 – на варианте 3 в диапазоне (0,8-0,9) ПВ;
- 4 (контроль) – без орошения.

Опытные делянки и лизиметры были размещены на дерново-подзолистой средне-суглинистой почве на покровном суглинке. Под посевы многолетних трав ежегодно вносились на все варианты одинаковые дозы удобрений N₁₂₀P₈₀K₁₂₀. Полив многолетних трав проводился с помощью оросительной системы Rain Bird при использовании распылителей с выдвигной частью (модель 1812), расход распылителя – 0,84 м³/ч, радиус полива – 4,5 м. Глубина грунтовых вод на делянках находилась в диапазоне от 3,2 до 4,0 м.

Измерение влажности почвы под многолетними травами проводили до глубины 0,5 м, послойно через 10 см. Для этого использовали электрический влагомер TRIME-FM с трубчатым датчиком ТЗ. Влагомер тарировали термостатно-весовым методом. Используя программу Microsoft Office Excel 2007, производили необходимые математические и статистические расчеты.

Водопотребление многолетних трав определяли с помощью круглых металличе-

ских лизиметров (рис. 1) с поддоном и трубами компенсации и инфильтрации. Лизиметры имеют следующие параметры: высота без поддона – 1,8 м, площадь поперечного сечения – 2 м². Уравнение водного баланса зоны аэрации лизиметров и расчетного слоя делянок имеет следующий вид (в мм):

$$\Delta W = O_c + m \pm q - E, \quad (1)$$

где $\Delta W = W_k - W_n$ – конечные и начальные влагозапасы почвы; O_c – осадки; m – поливная норма; $\pm q$ – водообмен корнеобитаемого слоя почвы с ниже-расположенными слоями; $-q$ – инфильтрация влаги в почву; $+q$ – подпитывание зоны аэрации со стороны грунтовых вод; E – суммарное водопотребление.

Все элементы водного баланса лизиметров, кроме водопотребления многолетних трав, измерялись, а водопотребление многолетних трав определялось как неизвестное уравнение.

Влажность почвы в лизиметрах регулировалась поливами в пределах от 0,7 до 0,8 полной влагоемкости. Фиксирование грунтовых вод на глубине 1,7 м, при оптимальной влажности почвы, исключило возможность подпитывания зоны аэрации со стороны грунтовых вод [14, 15]. Величина инфильтрации в лизиметрах определялась с помощью трубы инфильтрации. Подпитывание определялось с помощью трубы компенсации лизиметров. Гранулометрический состав дерново-подзолистой почвы лизиметров дан в таблице 1.

Таблица 1

Гранулометрический состав дерново-подзолистой почвы лизиметров

Table 1

Granulometric composition of sod-podzolic soil of lysimeters

Варианты экспериментальных делянок <i>Variants of experimental plots</i>	Размер частиц (в мм) и их содержание в % <i>Size of particles (in mm) and their content in %</i>						Сумма частиц >0,01 <i>Amount of articles >001</i>		Сумма частиц <0,01 <i>Amount of articles <001</i>		Название почвы по гранулометрическому составу <i>Name of soil according to the granulometric composition</i>
	1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001					
Лизиметр <i>Lysimeter</i>	29,4	28,2	18,2	4,1	5,2	14,9	76,4	24,2			Средний – легкий суглинок, мелкопесчаный, крупнопылеватый <i>Average – light loam, small-sand, coarsely pulverescent</i>

Используя классификацию Н.А. Качинского [5], почвы экспериментального участка по гранулометрическому составу можно отнести к легким суглинкам, мелкопесчаным, крупно-пылеватым. Согласно классификации Сибирцева Л.П. Розов [16]

почвы с 20-25%-ным содержанием частиц менее 0,01 мм являются среднесуглинистыми.

Результаты и их обсуждение. Анализ известных формул расчета водопотребления многолетних трав для условий проведения исследований показал, что ни одна

из них не дала результатов необходимой точности. Поэтому поставлена задача получить эмпирическую формулу по расчету водопотребления многолетних трав на дерново-подзолистых почвах водоразделов.

Декадные значения водопотребления многолетних трав (2012-2014 гг.) были получены с помощью лизиметров. Данные по температуре и влажности воздуха за время проведения опытов с многолетних трав были взяты с метеорологической станции г. Дмитрова. По этим данным, по психрометрическим таблицам были определены значения дефицита влажности воздуха. С использованием данных водопотребления и дефицита влажности воздуха были составлены статистические ряды из 15 пар и получено уравнение регрессии. При этом использовали степенную функцию:

$$E_p = ads^b, \quad (2)$$

где E_p – потенциальное суммарное водопотребление многолетних трав, мм/дек.; ds – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха, мб/дек.; a , b – коэффициенты уравнения регрессии, учитывающие климатическую зону и тип почвы.

Результаты связи испаряемости многолетних трав с суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха за 2012-2014 гг. представлены на рисунке 1.

$$E_p = 1,12ds^{0,82}. \quad (3)$$

Коэффициент корреляции этой связи для многолетних трав равен $0,961 \pm 0,069$, а коэффициент детерминации – $0,92$. Это означает, что в 92% случаев колебания водопотребления многолетних трав в рассматриваемых условиях обусловлены колебаниями дефицита влажности воздуха.

Необходимо учитывать то, что в статистические ряды были включены декадные значения водопотребления многолетних трав в периоды с хорошо развитой корневой системой и листовым аппаратом. С учетом этого

факта в расчеты были включены данные третьей декады июля в 2012 г. и с первой декады июня по третью декаду июля в 2013-2014 гг. Соответственно исключались величины водопотребления трех декад июня, а включались три декады июля в 2012 г. Это связано с тем, что с посевом многолетних трав 28 мая 2012 г. первой декады августа в 2013-2014 гг. исключали третью декаду мая и вторую декаду июня, а включали первую и третью декады июня и три декады августа.

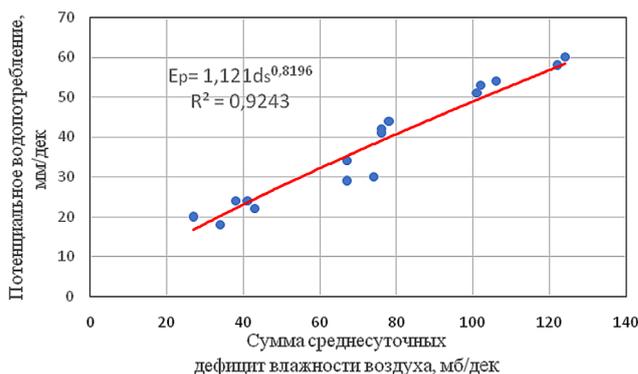


Рис. 1. Связь испаряемости многолетних трав с суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха за 2012-2014 гг.

Fig. 2. The correlation of the evaporation of perennial grasses with the amount of average daily deficits of air humidity for 2012-2014

При расчете водопотребления необходимо учитывать биологические особенности многолетних трав. С этой целью в формулу (1) необходимо включить биологические коэффициенты, которые определялись по формуле (4):

$$K_b = \frac{E_{\phi}}{E_p}, \quad (4)$$

где E_{ϕ} – водопотребление, определенное по водному балансу лизиметров, мм/дек.; E_p – потенциальное суммарное водопотребление многолетних трав, рассчитанное по формуле (3), мм/дек.

Таблица 2

Эмпирические коэффициенты a и b

Table 2

Emperical coefficients a and b

Культура / Crop	a	b
Красный клевер / Red clover	1,12	0,82

Для аппроксимации экспериментальных значений биологических коэффициентов многолетних трав были составлены статические

ряды с 1 по 10 декады для 2012 и 2014 гг. (рис. 3). Определялись зависимости между номером декады и биологическими коэффициентами.

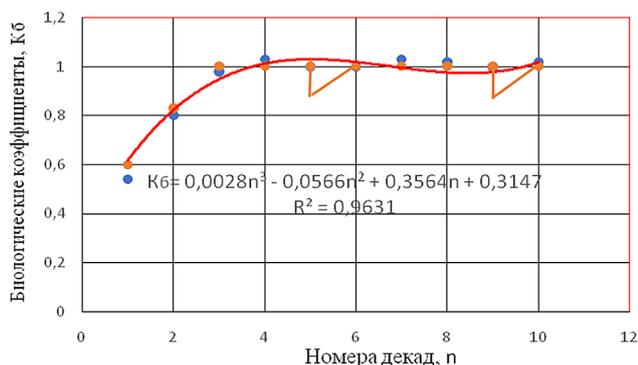


Рис. 2. Связь биологических коэффициентов многолетних трав (K_b) с номером декады (n)

Fig. 2. The correlation of biological coefficients of perennial grasses (K_b) with the numbers of decades (n)

Таким образом, было получено уравнение регрессии:

$$K_b = 0,0028n^3 - 0,0566n^2 + 0,3564n + 0,31, \quad (5)$$

где K_b – биологический коэффициент многолетних трав; n – номер декады.

Коэффициент корреляции связи (5) равен $0,981 \pm 0,0481$. Это говорит о тесной связи между расчетными и фактическими значениями биологических коэффициентов многолетних трав. Результаты расчетов по уравнению (5) сведены в таблицу 3.

При введении в формулу (3) значений биологических коэффициентов многолетних трав уравнение регрессии приобретает следующий вид (мм):

$$E = K_b 1,12 d_s^{0,82}. \quad (6)$$

Помимо биологических особенностей, водопотребление растений также зависит от влажности корнеобитаемого слоя почвы. С целью учета влажности почвы в формулу (6) вводится соответствующий коэффициент (K_w). Таким образом, формула для расчета водопотребления многолетних трав будет иметь следующий вид:

$$E = K_w K_b 1,12 d_s^{0,82}. \quad (7)$$

Связь водопотребления многолетних трав с влажностью почвы представлена на рисунке 3. Анализ графика показывает, что с увеличением влажности почвы увеличивается водопотребление многолетних трав до 0,72 ПВ. Дальнейшее увеличение влажности почвы практически не оказывает влияния на водопотребление. Значения коэффициентов, учитывающие влажность почвы, даны в таблице 4.

На рисунке 3 представлен график связи водопотребления многолетних трав с влажностью почвы. Коэффициент корреляции данной связи равен $0,947 \pm 0,093$.

Таблица 3

Биологические коэффициенты многолетних трав по декадам

Table 3

Biological coefficients of perennial grasses by decades

Биологический коэффициент <i>Biological coefficient</i>	Номер декады / <i>Number of the decade</i>									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_b	0,60	0,80	0,95	1	1 0,85	1	1	1	1 0,85	1

Таблица 4

Коэффициенты, учитывающие влажность почвы

Table 4

Coefficients taking into account soil moisture

Влажность почвы / <i>Soil moisture</i>	0,78 ПВ	0,7 ПВ	0,57 ПВ
K_w	1	0,95	0,76

Анализ графика показывает, что при влажности почвы 0,78 ПВ водопотребление достигает максимальных значений и далее существенно не меняется. Снижение влажности почвы до 0,7 ПВ уменьшает водопотребление на 7%, а снижение влажности

почвы до 0,57 ПВ уменьшает водопотребление на 26%.

В итоге эмпирическая формула для расчета водопотребления многолетних трав имеет следующий вид:

$$E = K_w K_b a d s^b. \quad (8)$$

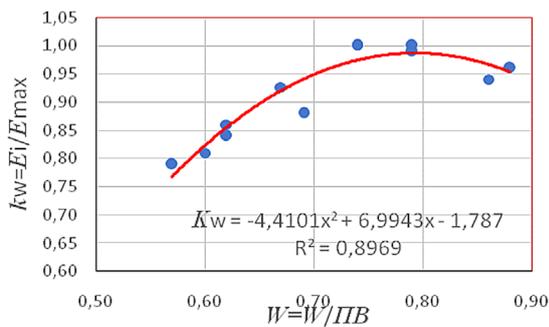


Рис. 3. Связь водопотребления многолетних трав с влажностью дерново-подзолистой почвы (данные за 2012-2014 гг.)

Fig. 3. The correlation of water consumption of perennial grasses with the humidity of sod-podzolic soil (data of 2012-2014)

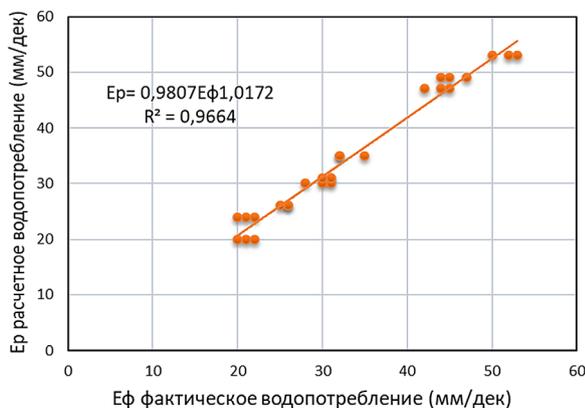


Рис. 4. Связь фактического водопотребления многолетних трав (E_f – данные делянок) с расчетным (E_r) по формуле (8)

Fig. 4. The correlation of the actual water consumption of perennial grasses (E_f – data of plots) with the calculated (E_r) according to the formula (8)

На рисунке 4 представлен график связи фактического водопотребления

Библиографический список

1. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1954. – С. 22-130.
2. Алпатьев А.М., Остапчик В.П. К обоснованию формирования поливных норм с использованием биоклиматического метода расчета суммарного испарения // Мелиорация и водное хозяйство. – 1971. – Вып. 19. – С. 13-17.
3. Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. – Л.: Гидрометеиздат, 1956. – 256 с.
4. Данильченко Н.В. Методические особенности расчета оросительных норм с.-х. культур в НЧЗ РСФСР / В кн.: Техника

многолетних трав (2012-2014 гг.) с расчетным по формуле (8). Коэффициент корреляции \bar{r}_5 связи равен $0,987 \pm 0,031$, что говорит о тесной связи рассматриваемых признаков.

Выводы

1. Водопотребление при оптимальном увлажнении дерново-подзолистой почвы зависит преимущественно от климатических условий. Наиболее тесная связь получается между водопотреблением многолетних трав и суммой среднесуточных дефицитов влажности воздуха. Коэффициент корреляции этой связи составляет $0,960 \pm 0,0734$. Определены эмпирические коэффициенты, учитывающие климатическую зону и тип почвы.

2. Получена эмпирическая формула для расчета водопотребления многолетних трав на дерново-подзолистых почвах водораздельных территорий Московского региона при поливе дождеванием. Диапазон использования формулы по сумме среднесуточных дефицитов влажности воздуха за декадные периоды равен 27...124 мм/дек.

3. Определены биологические коэффициенты многолетних трав, принимающие во внимание уменьшение интенсивности водопотребления в начале и в конце роста и развития растений, а также после укосов.

4. Определены коэффициенты, позволяющие учесть снижение влажность расчетного слоя почвы для многолетних трав.

5. Выполнена проверка сходимости водопотребления многолетних трав, рассчитанного по формуле, с опытными данными делянок для условий проведения научных исследований. Коэффициент корреляции для многолетних трав равен $0,987 \pm 0,031$. Поэтому полученную формулу можно рекомендовать для практического пользования.

References

1. Alpatiev A.M. Vlogoborot kulturnyh rastenija. – L.: Gidrometeoizdat, 1954. – S. 22-130.
2. Alpatiev A.M., Ostapchik V.P. K Obosnovaniyu formirovaniya polivnyh norm s ispolzovaniem bioklimaticheskogo metoda rascheta summarnogo ispareniya // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. – 1971. – Vyp. 19. – S. 13-17.
3. Budyko M.I. Teplovoj balans zemnoj po-verhnosti. – L.: Gidrometeoizdat, 1956. – 256 s.
4. Danilchenko N.V. Metodicheskie osobennosti rascheta orositelnyh norm s.-h. kultur v NCHZ RSFSR. / V kn.: Tehnika i tehnologiya mehanizirovannogo orosheniya. – M.: VNIiGM, 1982. – S. 177-186.

и технология механизированного орошения. – М.: ВНИИИГМ, 1982. – С. 177-186.

5. **Качинский Н.А.** Физика почв. Ч. 1. – М.: Высшая школа, 1965. – 324 с.

6. **Константинов А.Р.** Испарение в природе. – Л.: Гидрометеоздат, 1968. – С. 307-319.

7. **Костяков А.Н.** Основы мелиорации. – М.: Сельхозгиз, 1960. – С. 54-66.

8. **Харченко С.И.** Управление водным режимом на мелиорируемых землях в Нечерноземной зоне. – М.: Гидрометеоздат, 1987. – С. 206-208.

9. **Aboamera M.A., Aly S.M., Aha Y.M.** Water relation of pepper grown in polymer treated sandy soil under drip irrigation system // *Misr J. Ag. Eng.* – 2000. – № 17(1). – P. 125-147.

10. **Badr A.E., Bakeer G.A., El-Tantawy M.T., Awwad A.H.** Sprinkler and trickle irrigation affected by climatic conditions in upper Egypt // *Misr J. Ag. Eng.* – 2006. – № 23(2). – P. 346-361.

11. **Eid H.M., Ainer N.G., Metwally M.A.** Estimation of irrigation and temperature needs for the new pods in Egypt Conf. // of Agri. Sci. On food Deficiency Overcoming Through Autonomous Efforts in Egypt Manssoura Univ. – 1987. – P. 907-914.

12. **Klatt F.** Die Steuerung den Berechnung nach dem Berechnungsdiagramm. – *Z. Landeskultur*, H. 2, 1967, s. 89-98.

13. **Zin El-Abedin T.K.** Improving moisture distribution pattern of subsurface drip irrigation in sandy soil by using synthetic soil conditioner // *Misr J. Ag. Eng.* – 2006. – № 23(2). – P. 374-399.

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

15. Разработка природоохранных мероприятий при регулировании водного режима на осушаемых пойменных землях / В.В. Пчелкин, Ф.М. Зимин, Е.С. Кожанов и др.: научный отчет НИС МГМИ. – № Гос. регистр. 0186.011740. – М., 1990.

16. **Розов Л.П.** Мелиоративное почвоведение. – М.: Госсельхозиздат, 1956. – 440 с.

5. **Kachinsky N.A.** Физика почв. Chast 1. – М.: Vysshaya shkola, 1965. – 324 s.

6. **Konstantinov A.R.** Испарение в природе. – Л.: Gidrometeoizdat, 1968. – S. 307-319.

7. **Kostyakov A.N.** Osnovy melioratsii. – М.: Selhozgiz, 1960. – S. 54-66.

8. **Kharchenko S.I.** Upravlenie vodnym rezhimom na melioriruemykh zemlyakh v Nечерноземной зоне. – М.: Gidrometeoizdat, 1987. – S. 206-208.

9. **Aboamera M.A., Aly S.M., Aha Y.M.** Water relation of pepper grown in polymer treated sandy soil under drip irrigation system // *Misr J. Ag. Eng.* – 2000. – № 17(1). – P. 125-147.

10. **Badr A.E., Bakeer G.A., El-Tantawy M.T., Awwad A.H.** Sprinkler and trickle irrigation affected by climatic conditions in upper Egypt // *Misr J. Ag. Eng.* – 2006. – № 23(2). – P. 346-361.

11. **Eid H.M., Ainer N.G., Metwally M.A.** Estimation of irrigation and temperature needs for the new pods in Egypt Conf. // of Agri. Sci. On food Deficiency Overcoming Through Autonomous Efforts in Egypt Manssoura Univ. – 1987. – P. 907-914.

12. **Klatt F.** Die Steuerung den Berechnung nach dem Berechnungsdiagramm. – *Z. Landeskultur*, H. 2, 1967, s. 89-98.

13. **Zin El-Abedin T.K.** Improving moisture distribution pattern of subsurface drip irrigation in sandy soil by using synthetic soil conditioner // *Misr J. Ag. Eng.* – 2006. – № 23(2). – P. 374-399.

14. **Pchelkin V.V.** Obosnovanie meliorativnogo rezhima osushaemykh pojmnennykh zemel. – М.: KolosS, 2003. – 253 s.

15. Razrabotka prirodohrannykh meropriyatij pri regulirovanii vodnogo rezhima na osushaemykh pojmnennykh zemlyakh / V.V. Pchelkin, F.M. Zimin, E.S. Kozhanov i dr. / Nauchny otchet NIS MGMI. – № Gos. registr. 0186.011740. – М.: 1990.

16. **Rozov L.P.** Meliorativnoe pochvovedenie. – М.: Gosselhozizdat, 1956. – 440 s.

Критерии авторства

Пчелкин В.В., Никитина М.А., Сурикова Н.В. выполнили теоретические и исследования, на основании которых провели обобщение и написали рукопись. Пчелкин В.В., Никитина М.А., Сурикова Н.В. имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов

Статья поступила в редакцию 10.03.2021 г.

Одобрена после рецензирования 22.03.2021 г.

Принята к публикации 05.04.2021 г.

Criteria of authorship

Pchelkin V.V., Nikitina M.A., Surikoya N.V. carried out theoretical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. Pchelkin V.V., Nikitina M.A., Surikoya N.V. have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.

Conflict of interests

The authors state that there are no conflicts of interests

The article was submitted to the editorial office 10.03.2021

Approved after reviewing 22.03.2021

Accepted for publication 05.04.2021