

12. Philip J.R. 1964. An infiltration equation with physical significance. Soil Sci. 77:153-157.

13. Santos M.A.N.; Panachuki E.; Alves Sobrinho T.; Oliveira P.T.S.; Rodrigues D.B.B. Water infiltration in na Ultisol after cultivation of common bean. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.38, p. 1612-1620, 2014.

14. Mirzaee S.; Zolfaghar A.A.; Gorji M.; Dyck M.; Ghorbani Dashtaki S. Evaluation of infiltration models with different numbers of fitting parameters in different soil texture classes. Archives of Agronomy and Soil Science, v.60, p. 681-693, 2014.

15. Kuznetsov M.S., Grigorjev V.Ya., Han K.Yu. Irrigatsionnaya eroziya pochv i ee preduprezhdenie pri polivah dozhdevaniem. M.: «Nauka», Akademiya nauk SSSR, 1990. 120 s.

16. Miheev N.V., Shervashidze M.R. Raschet skorosti vpityvaniya vody v pochvu. // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. 2010. № 4. S. 27-29.

17. Golovanov A.I., Korneev I.V., Vpityvanie vody v pochvu iz infiltrometra s odinochnym kolcom: teoriya i rezultaty. / Prirodobustroystvo i ratsionalnoe prirodopolzovanie – neobhodimye usloviya socialno-ekonomicheskogo razvitiya Rossii: sb. nauchn. trd. mezhd. nauchn.-prak. konf.: CH.2. M.: MGUP, 2005. S. 17-22.

The material was received at the editorial office  
07.05.2019 g.

#### Information about the authors

**Terpigorev Anatolii Anatolevich**, candidate of technical sciences, head of department; Federal state budgetary scientific institution «All-Russian scientific research Institute «Raduga»; 140483, Moscow region, Kolomna district, Raduzhnyj, 38.

**Zverkov Mikhail Sergeevich**, candidate of technical sciences, academic secretary, senior researcher; Federal state budgetary scientific institution «All-Russian scientific research Institute «Raduga», Raduzhnyj, 38, Kolomna district, Moscow region; 140483; Limited liability company «Scientific research center of environmental engineering and construction», 21 Novaya str., Sergievskoe, Kolomna district, Moscow region; 140491; e-mail: mzverkov@bk.ru

**Grushin Aleksej Vladimirovich**, senior researcher; Federal state budgetary scientific institution «All-Russian scientific research Institute «Raduga»; 140483, Moscow region, Kolomna district, Raduzhnyj, 38.

**Gzhibovskij Sergej Aleksandrovich**, senior researcher; Federal state budgetary scientific institution «All-Russian scientific research Institute «Raduga»; 140483, Moscow region, Kolomna district, Raduzhnyj, 38.

УДК 502/504:631.671, 631.675

DOI 10.34677/1997-6011/2019-3-27-32

**А.Н. ДАНИЛЬЧЕНКО, И.В. КОРНЕЕВ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова, г. Москва, Российская Федерация

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БЛИЗКОГО ЗАЛЕГАНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ДЕФИЦИТ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ КУКУРУЗЫ И СОИ ДЛЯ ПРОЕКТА РЕКОНСТРУКЦИИ АЛЕЙСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

*В статье приводятся результаты расчетов водопотребления и обоснования природоохранных оросительных норм сельскохозяйственных культур, выполненных для обоснования необходимых мелиоративных мероприятий при реконструкции Алейской оросительной системы, расположенной на староорошаемых землях Рубцовского района Алтайского края. На основе расчетов водопотребления биоклиматическим методом определены расчетные значения дефицита водопотребления, которые составили для кукурузы от 70 мм в год 5% обеспеченности до 360 мм в год 95% обеспеченности при 185 мм в средний год, а для сои от 75 до 355 мм в аналогичные годы при 180 мм в средний год.*

*На основе результатов ранее проведенных лизиметрических исследований предложена корректировка расчетных оросительных норм нетто для учета близкого залегания пресных грунтовых вод и их влияния на влажность корнеобитаемого слоя,*

что позволяет рекомендовать в средний год при глубине грунтовых вод 1,5 м снижение оросительной нормы нетто в 2,0 и 1,6 раза для кукурузы и сои соответственно. Моделирование влагопереноса в почвах и грунтах с учетом взаимного влияния почвенных и грунтовых вод, эвапотранспирации и динамики корневой системы позволит рекомендовать природоохранные режимы орошения дождеванием на землях с близким залеганием грунтовых вод.

*Алейская оросительная система, чернозёмы южные, водопотребление, соя, кукуруза, грунтовые воды, оросительная норма.*

**Введение.** В настоящее время ведется реконструкция одной из старейших в России – Алейской оросительной системы в Рубцовском районе Алтайского края. Орошение земель на системе началось в 1933 году поверхностным способом. В 70...80-е годы 20 столетия полив проводился дождеванием. В 90-х годах 20 века началось выбытие мелиорированных земель за счет старения фондов, сокращения сельскохозяйственного производства и, как следствие, снижения потребности в орошаемых землях. Оросительные сети и дождевальные машины были демонтированы.

Земли системы относятся к Рубцовскому подрайону Рубцовской степи Предгорного Алтайского климатического округа [1]. За год в среднем на данной территории выпадает 320 мм осадков, из них только 167 мм за теплый период. Сумма температур воздуха за период с температурой выше 10°C составляет 2300°C, приход фотосинтетически активной солнечной радиации (ФАР) за период май-сентябрь – 33,1 ккал/см<sup>2</sup>. Продолжительность безморозного периода 126 дней.

В результате почвенно-мелиоративных изысканий земли, планируемые под реконструкцию оросительной системы, были объединены в 4 мелиоративные группы [2]:

I группа – земли, пригодные для орошения, площадь которых составляет 2216 га.

II группа – земли, пригодные для орошения при строгом контроле водно-солевого режима, площадью 968 га.

III группа – земли, пригодные для орошения при проведении мероприятий по снижению засоления, площадью 605 га.

IV группа – земли, пригодные для орошения при проведении мероприятий по снижению засоления на фоне дренажа, площадью 378 га.

Почвенный покров представлен средне- и легкосуглинистыми черноземами (50,4%), лугово-черноземными (14%), каштановыми (34,3%) и лугово-каштановыми (1,3%) почвами, обладающими относительно высоким естественным уровнем

плодородия. На землях I и II групп грунтовые воды залегают на глубине от 1,5 до 6 метров при минерализации 0,7...1,2 г/л.

Анализ причин неудовлетворительно-го мелиоративного состояния части староорошаемых земель показал, что основными из них являются следующие:

1. Фильтрация оросительной воды из магистрального канала;

2. Применение в течении длительного времени способов и техники полива с низким КПД.

3. Отсутствие на системе службы оперативного управления и контроля за реализуемыми нормами и сроками поливов.

4. Недооценка роли грунтовых вод в водном балансе сельскохозяйственных культур.

В условиях крайне слабой дренированности территории и незначительной влагоемкости почв фильтрационные потери воды на орошаемых полях и из магистрального канала привели к подъему уровня грунтовых вод и ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель.

Для снижения фильтрационных потерь оросительной воды в разработанном проекте на площади 2287 га предусмотрены: реконструкция канала, орошение современными дождеванием машинами кругового действия на площади 2128 га и барабанными дождевальными машинами на площади 159 га с закрытой напорной сетью из ПНД труб, создание службы оперативного управления поливами.

Кроме того, в проекте обоснованы и разработаны проектные режимы орошения для земель разных групп, проведены прогнозные расчеты изменения их солевого режима [3].

Применение насосно-силового оборудования, закрытой трубопроводной сети и энергоёмкой поливной техники требует значительных капитальных вложений и эксплуатационных затрат, зависящих от размера оросительных норм и количества поливов. При расчете оросительной сети и насосных станций применен подход минимизации

суммы капитальных и эксплуатационных затрат за время жизни проекта [4].

Данная работа посвящена обоснованию водопотребления и оросительных норм на землях I и II групп при различной глубине залегания грунтовых вод. Учет влияния близко залегающих грунтовых вод на нормы и режимы орошения может предотвратить возможные отрицательные последствия орошения.

**Материалы и методы.** Ведущими культурами плановых севооборотов на системе являются соя и кукуруза на зерно. Расчеты потенциального урожая культур показывают, что при средней энергоемкости 1 кг сухой биомассы 4500 ккал и коэффициенте использования ФАР 2% возможно формирование урожая зерна кукурузы на уровне 5,0...6,5 т/га, сои – 3,5...4,0 т/га.

Проведенные расчеты показали, что в условиях естественного увлажнения величина урожайности кукурузы в средний год не может превышать 3,0...4,0 т/га, сои – 1,75...2,0 т/га, что совершенно неприемлемо для эффективного ведения производства.

Основная причина – неблагоприятные погодные условия вегетации. Рассчитанное значение коэффициента природного увлажнения  $K_y = 0,38$  свидетельствует о низкой обеспеченности сельскохозяйственных культур природной влагой. По существующей градации агроклиматических зон проектируемый участок находится в степной зоне и получение гарантированных урожаев возможно только при искусственном восполнении дефицита влаги.

Выполненные водобалансовые исследования [5] показали, что в почвенно-климатических условиях оросительной системы природная влагообеспеченность совершенно

недостаточна для получения необходимых урожаев сельскохозяйственных культур. Даже во влажные годы весенние запасы влаги в почве и сезонные атмосферные осадки составляют не более 60...70% от оптимального суммарного водопотребления кукурузы и сои. В средний год природная влагообеспеченность этих культур снижается до 40...50%, а в сухие годы до 25...30% и ниже. Расчет водопотребления и режимов орошения с учетом глубины залегания грунтовых вод проведен биоклиматическим методом [5,6,7].

Для учета влияния глубины грунтовых вод использованы результаты лизиметрических [8], которые позволили установить значения коэффициентов влияния грунтовых вод на размер оросительной нормы в почвенно-климатических условиях участка проектирования. Коэффициент влияния грунтовых вод  $K_r$  представляет собой долю оросительной нормы при близких грунтовых водах от её максимального значения при глубине грунтовых вод  $H_r \geq 2,5$  м. Так, например, для  $H_r = 1,5$  м оросительная норма сои составит 60% нормы при  $H_r \geq 2,5$  м, а кукурузы – только 48%.

**Результаты и обсуждение.** Полученные средние многолетние и обеспеченные значения оптимального суммарного водопотребления орошаемых культур в условиях участка проектирования приведены в таблице 1. В сухие годы дефицит водопотребления (оросительная норма нетто) кукурузы достигает 250...360, а сои 245...355 мм. Для компенсации указанных дефицитов требуется провести 5...7 поливов. Эксплуатационные издержки на орошение в такие годы существенно увеличиваются, а себестоимость сельскохозяйственной продукции резко возрастает.

Таблица 1

**Водопотребление орошаемых культур и дефициты (оросительные нормы нетто)**

Метеостанция, коэффициент увлажнения	Культура	5%	25%	50%	75%	85%	95%
		Вероятностные значения водопотребления $E_{op}$ , мм					
		Дефицит водопотребления (оросительная норма нетто) $M_p$ , мм					
Рубцовск $K_y = 0,38$	Кукуруза	330	365	395	430	445	480
		70	130	185	250	290	360
	Соя	310	345	375	405	425	455
		75	125	180	245	285	355

Полученные дефициты водопотребления могут быть в первом приближении использованы для оценки оросительных норм нетто при глубоких грунтовых

водах. Сформировавшиеся на орошаемых землях пресные грунтовые воды на глубине менее 2,5 м при их разумном использовании позволяют существенно повысить

водообеспеченность растений и уменьшить оросительные нормы и количество поливов за счет поступления капиллярной влаги в расчетный слой почвы.

В таблице 2 приведены расчетные значения дефицитов водопотребления (оросительных норм нетто) при различной глубине грунтовых вод.

Таблица 2

**Дефициты водопотребления (оросительные нормы нетто) орошаемых культур на землях I и II категории при глубине грунтовых вод без дренажа меньше 2,5 м**

Глубина грунтовых вод $H_r$ , м	Коэффициент влияния грунтовых вод $K_r$	Вероятностные (обеспеченные) значения оросительных норм нетто $M_p$ с учетом влияния близко залегающих пресных грунтовых вод, мм и число поливов в средний год					
		5%	25%	50%	75%	85%	95%
Кукуруза							
≥2,5	1,00	70	130	185 (4...5 поливов)	250	290	360
2,0	0,73	50	95	135 (2...3 полива)	185	210	265
1,5	0,48	35	60	90 (2 полива)	120	140	175
1,0	0,23	15	30	45 (1 полив)	60	65	85
Соя							
≥2,5	1,00	75	125	180 (4...5 поливов)	245	285	355
2,0	0,85	65	105	155 (2...3 полива)	210	240	300
1,5	0,60	45	75	110 (2 полива)	145	170	215
1,0	0,33	25	40	60 (1 полив)	80	95	115

В средний год за счет использования грунтовых вод оросительная норма кукурузы снижается со 185 мм при  $H_r \geq 2,5$  м до 90 и 45 мм при  $H_r = 1,5$  и 1,0 м соответственно, т.е. более чем в 2...4 раза.

Ближние грунтовые воды оказывают существенное влияние не только на оросительные, но и на поливные нормы и количество поливов. На землях с глубокими грунтовыми водами дата наступления первого полива в среднесухой год наступает 20...21 мая, а при глубине грунтовых вод 1,0...1,5 м первый полив смещается на середину июня.

Расчеты водного режима орошаемых земель при возделывании кукурузы и сои показывают, что для поддержания оптимальной влажности почвы при глубине залегания грунтовых вод  $H_r \geq 2,5$  м необходимо проводить в средний год 4...5 поливов, при глубине грунтовых вод 2,0 м – 2...3 полива, а при подъеме грунтовых вод до 1,5 м достаточно двух поливов (табл. 2).

### Выводы

Недостаточная оценка сформированного на староорошаемых землях уровня грунтовых вод при проектировании и реализации режимов и технологии орошения может привести к ухудшению мелиоративного состояния орошаемых земель, их заболачиванию и засолению.

Ближние грунтовые воды влияют на величину оросительной нормы и количество

поливов, поливные нормы, сроки поливов и межполивной период. Разумное использование пресных грунтовых вод позволяет существенно повысить водообеспеченность растений, уменьшить оросительные нормы и количество поливов за счет поступления капиллярной влаги в расчетный слой почвы.

Рекомендуемые в статье объемы использования грунтовых вод в зависимости от глубины их залегания можно считать лишь ориентировочными, так как в разные по влажности годы и на разных почвах они могут существенно (в 1,5...2 раза) меняться. Кроме того, для объективной оценки роли грунтовых вод в водном балансе сельскохозяйственных культур необходимо учитывать динамику их использования на протяжении вегетационного периода с учётом фаз развития растений и темпов нарастания их корневой системы, для чего выполнять моделирование влагопереноса в почвах и грунтах с учетом взаимодействия почвенных и грунтовых вод.

### Библиографический список

1. Агроклиматические ресурсы Алтайского края. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 155 с.
2. Почвенно-мелиоративные изыскания 057-15-1-ПМИ. К Проекту «Реконструкция Алейской оросительной системы, Рубцовский район, Алтайский край» [Книга] Общество с ограниченной ответственностью

«АлтайГеоЭксперт». По заказу Алтай ТИ-СИЗ. 2015 г.

3. **Максимов С.А.** Формирование испарительного гидрофизического солевого барьера и прогноз изменений солевого режима почв при реконструкции Алейской оросительной системы. // Природообустройство. – 2019. – № 2. – С. 21-28.

4. Об оптимизации проектных решений по оросительным системам на основе анализа инвестиционных и операционных затрат. / Корнеев И.В., Балабаев А.С., Данильченко А.Н., Максимов С.А. // Природообустройство. – 2018. – № 1. – С. 94-98.

5. **Данильченко А.Н., Бондарцев А.И.** Водный баланс на орошаемых землях в зоне сухих степей Прииртышья. // Мелиорация и водное хозяйство. – 1992. – № 3.

6. Расчёт водообеспеченности оросительных систем. / Пособие к СНиП. Гидромелиоративные системы и сооружения. – М.: НЦ Союзводпроект, 1990. – 126 с.

7. Водосберегающие оросительные нормы и экологически безопасные режимы

орошения сельскохозяйственных культур в Западной Сибири. / Данильченко Н.В., Аванесян И.М и др. – М.: ГП СНЦ «Госэкомелиовод», 2000. – 122 с.

8. **Данильченко А.Н.** Влияние глубины залегания грунтовых вод на режим орошения и урожайность кукурузы. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 5. – 35-37.

Материал поступил в редакцию 31.05.2019 г.

#### Сведения об авторах

**Данильченко Анатолий Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры мелиорация и рекультивация земель, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 125550, г. Москва, Б. Академическая ул., д. 44; e-mail: a.n.danilchenko@mail.ru

**Корнеев Илья Викторович**, кандидат технических наук, доцент кафедры мелиорация и рекультивация земель, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 125550, г. Москва, Б. Академическая ул., д. 44; ilia.korneev@gmail.com

#### A.N. DANILCHENKO, I.V. KORNEEV

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MSHA named after C.A. Timiryazev», Institute of land reclamation, water economy and construction named after C.N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

## ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF HIGH GROUNDWATER LEVEL ON THE DEFICIT OF WATER CONSUMPTION OF CORN AND SOYBEAN FOR THE RECONSTRUCTION PROJECT OF THE ALEI IRRIGATION SYSTEM

*In the article there are given results of calculations of water consumption and substantiations of environmental irrigation rates of agricultural crops made for substantiation of the necessary land reclamation measures during reconstruction of the Aley irrigation system situated on the old irrigated lands of the Rubtsovsky region of the Altai krai. On the basis of water consumption calculations by the bioclimatic method the rated values of water consumption deficit was estimated which were 70 mm per year of 5% water provision for corn up to 360 mm per year of 95% of water provision under 185 mm in an average year, and for soybean from 75 to 355 mm in the analogical years under 180 mm in the average year. Based on the results of the previous lysimetric investigations there is proposed a correction of the rated irrigation net norms for consideration of the high fresh groundwater level and its effect on the humidity of the root-inhabited layer. It makes it possible to recommend decreasing a net irrigation rate in the average year by 2.0 times for corn and 1.6 times for soybean. Modeling of soil moisture transfer, taking into account the interference of soil and ground water, evapotranspiration and dynamics of the root system, will allow recommending environmental sprinkling irrigation regimes on the lands with a high groundwater level.*

*Aley irrigation system, southern chernozem, water consumption, soybean, corn, groundwater water, irrigation rate.*

#### References

1. Agroklimaticheskie resursy Altaiskogo kraja. – L.: Gidrometeoizdat, 1971. – 155 s.

2. Pochvenno-meliorativnye izyskaniya 057-15-1-PMI. K Projektu «Rekonstruktsiya Alejskoj orositelnoj sistemy, Rubtsovskij rajon,

Altayskykraj» [Kniga] Obshchestvosogranichennoj otvetstvennost «AltaiGeoExpert». Po zakazu Altai TISIZ. 2015 g.

3. **Maximov C.A.** Formirovanie isparitel'nogo gidrofizicheskogo solevogo barjera i prognoz izmenenij solevogo rezhima pochv pri rekonstruktsii Alejskoj orositel'noj sistemy. // Prirodoobustrojstvo. – 2019. – № 2. – S. 21-28.

4. Ob optimizatsii proektnyh reshenij po orositel'nyim sistemam na osnove analiza investitsionnyh i operatsionnyh zatrat. / Korneev I.V., Balabaev A.S., Danilchenko A.N., Maximov C.A. // Prirodoobustrojstvo. – 2018. – № 1. – S. 94-98.

5. **Danilchenko A.N., Bondartsev A.I.** Vodny balans na oroshaemyh zemlyah v zone suhikh stepej Priirtyshya. // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. – 1992. – № 3.

6. Raschet vodoobespechennosti orositel'nyh system. / Posobie k SNIp Gidromeliorativnye sistemy i sooruzheniya. – M.: NTS Soyuzvodproekt, 1990. – 126 s.

7. Vodoberegayushchie orositel'nye normy i ekologicheski bezopasnye rezhimy orosheniya selskohozyajstvennyh kultur v Zapadnoj

Sibiri. / Danilchenko N.V., Avanesyan I.M. i dr. – M.: GP SNTS «Gosekomeliovod», 2000. – 122 s.

8. **Danilchenko A.N.** Vliyanie glubiny zaleganiya gruntovyh vod na rezhim orosheniya i urozhainost kukuruzy. // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. – 2002. – № 5. – S. 35-37.

The material was received at the editorial office  
31.05.2019 g.

#### Information about the authors

**Danilchenko Anatolij Nikolaevich**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of lands reclamation and recultivation, FSBEI HE RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 125550, Moscow, B. Academicheskaya ul., l. 44e-mail: a.n.danilchenko@mail.ru

**Korneev Ilya Victorovich**, candidate of technical sciences, associate professor of the department of lands reclamation and recultivation, FSBEI HE RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev; 125550, Moscow, B. Academicheskaya ul., l. 44, e-mail: ilia.korneev@gmail.com

УДК 502/504: 631.42:631.95

DOI 10.34677/1997-6011/2019-3-32-39

#### Н.П. КАРПЕНКО

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

#### А.С. СЕЙТКАЗИЕВ, К.А. СЕЙТКАЗИЕВА

Таразский государственный университет им.М.Х.Дулати, г. Тараз, Казахстан

#### С.Б. ЖАПАРОВА

Кокшетауский университет им.Абая Мырзахметова, г. Кокшетау, Казахстан

## ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ СОХРАНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ЗАСОЛЕННЫХ И СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

*На основе анализа данных почвенно-экологических условий для сероземно-луговых засоленных почв на орошаемых землях Северного Казахстана разработаны методы, направленные на повышение эффективности эколого-мелиоративных мероприятий. По результатам исследований определены оптимальные нормы при проведении промывки исследуемого участка орошения. Экологические коэффициенты, которые характеризуют риски при орошении, были выявлены для расчетного слоя почвогрунтов. С целью регулирования водно-солевого режима засоленных земель, учитывая их тепло- и влагообеспеченность, проведена геоэкологическая оценка изучаемой территории на базе исследования гидротермического режима почвогрунтов. Рассмотрены методы регулирования водно-солевого режима засоленных и солонцовых почв с целью улучшения почвообразовательных процессов, обеспечивающих возможности расширенного воспроизводства плодородия почв на орошаемых землях. При обосновании и разработке*