

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья

УДК 631.67:631.432

Принципы оптимизации режима орошения сельскохозяйственных культур с учетом уровня и минерализации грунтовых вод

Мердан Назарович Шаммедов¹, Пенамухаммет Мухамметкурбанович Ишанкулиев²

^{1,2}Туркменский сельскохозяйственный университет имени С. А. Ниязова, Ашхабад, Туркменистан

¹sagitarius80@mail.ru

²penamuhamme@gmail.com

Аннотация. Цель: оптимизация режима орошения сельскохозяйственных культур с учетом уровня и минерализации грунтовых вод. **Материалы и методы.** Применен лизиметрический метод для подсчета общего запаса влаги в верхнем метровом слое почвы за вегетационный период в зависимости от грунтовых вод. В качестве физической модели использован однородный почвогрунт. Для расчетов применены формулы А. Н. Костякова, Х. А. Аманова. **Результаты.** По лизиметрическим данным получена зависимость доступного запаса влаги от глубины залегания грунтовых вод. Исследование накопления ионов хлора в зоне аэрации и в верхнем слое 1 м при уровне грунтовых вод 1–3 м и их минерализации 1–10 г/л показало, что накопление хлор-иона в течение одного вегетационного периода может превысить 0,015 % даже при минерализации грунтовых вод 1–3 г/л, если грунтовые воды находятся на глубине 1–1,5 м. А при минерализации грунтовых вод 10 г/л количество хлор-иона достигает того же значения при их глубине 2,8 м. Критическая глубина засоленных грунтовых вод ($H_{кр}$), в зависимости от содержания хлор-иона в слое 0–100 см и минерализации грунтовых вод, составляет 1,0–2,8 м от поверхности земли. **Выводы.** Оптимальная предполивная влажность незасоленной почвы составляет для хлопчатника 70 % предельной полевой влагоемкости до созревания и 60–65 % в период созревания, для люцерны, кукурузы и овощных культур – 70–75 % предельной полевой влагоемкости. На засоленных почвах предполивная влажность повышается и составляет для хлопчатника и кукурузы 75 %, для люцерны и овощных культур – 75–80 % предельной полевой влагоемкости. Расчетный слой почвы в среднем составляет 0,7 м до цветения и 1,0 м – в период плодообразования хлопчатника.

Ключевые слова: режим орошения, грунтовые воды, минеральное питание, водный режим почв, урожайность, глубина увлажнения

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (г. Новочеркасск, 21 февраля 2024 г.).

Для цитирования: Шаммедов М. Н., Ишанкулиев П. М. Принципы оптимизации режима орошения сельскохозяйственных культур с учетом уровня и минерализации грунтовых вод // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 92, № 1. С. 160–174.

THE ROLE OF LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT IN ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Original article

Principles for optimizing the irrigation regime for agricultural crops, taking into account the groundwater table and salinity

Merdan N. Shammedov¹, Penamhammet M. Ishangulyyev²

^{1,2}S. A. Niyazov Turkmen Agricultural University, Ashgabat, Turkmenistan

¹sagitarius80@mail.ru

²penamhamme@gmail.com

Abstract. Purpose: to optimize the irrigation regime for agricultural crops, taking into account the level and salinity of groundwater. **Materials and methods.** The lysimetric method to calculate the total moisture storage in the upper meter soil layer during the growing season depending on groundwater, was considered. A homogeneous soil was used as a physical model. For the calculations, the formulas of A. N. Kostyakov and Kh. A. Amanov were used. **Results.** Based on lysimetric data, the dependence of the available moisture storage on the groundwater depth was obtained. A study of the chlorine ions accumulation in the aeration zone and in the upper layer of 1 m at a groundwater level of 1–3 m and their mineralization of 1–10 g/l showed, that the chlorine ions accumulation during one growing season can exceed 0.015 % even with groundwater mineralization water 1–3 g/l, if groundwater is at a depth of 1–1.5 m. When groundwater mineralization is 10 g/l, the chlorine ion amount reaches the same value at a depth of 2.8 m. Critical depth of alkali soil water (H_{KR}), depending on the chlorinity in the 0–100 cm layer and the groundwater salinity, is 1.0–2.8 m from the ground surface. **Conclusions.** The optimal pre-irrigation moisture content of non-saline soil for cotton is 70 % of maximum field moisture capacity before ripening and 60–65 % during the ripening period; for alfalfa, corn and vegetable crops – 70–75 % of the maximum field moisture capacity. On saline soils, the pre-irrigation moisture content and is 75 % for cotton and corn, and 75–80 % of the maximum field moisture capacity for alfalfa and vegetable crops. The calculated soil layer is on average 0.7 m before flowering and 1.0 during the fruit formation of cotton.

Keywords: irrigation regime, groundwater, mineral nutrition, soil water regime, productivity, moisture depth

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “The role of land reclamation and water management in ensuring the sustainable development of agriculture” (Novocherkassk, February 21, 2024).

For citation: Shammedov M. N., Ishangulyyev P. M. Principles for optimizing the irrigation regime for agricultural crops, taking into account the groundwater table and salinity. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;92(1):160–174. (In Russ.).

Введение. Для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель и эффективного использования водных ресурсов возможно применение для орошения вместе с поливными и грунтовыми вод. Основой для этого должны быть данные о режиме грунтовых вод и их минерализации, дифференцированные для разных местностей.

Существует несколько способов искусственного подъема уровня грунтовых вод: шлюзование сбросных, дренажных и оросительных каналов; подача оросительной воды по сильнофильтрующим каналам, а также по проложенным на глубине 0,5–0,6 м трубчатым увлажнителям; регулирование естественного оттока грунтовых вод, подпитывание артезианскими водами путем прорезания водонепроницаемого слоя.

При близком расположении грунтовых вод широко применяется подземное орошение (субирригация). Это способ увлажнения корнеобитаемого слоя почвы за счет капиллярного подпитывания путем подъема и поддержания необходимого уровня грунтовых вод.

Подземное орошение применяют для влаголюбивых растений с глубокой корневой системой на землях с безуклонным рельефом, однородными незасоленными с хорошими капиллярными свойствами почвогрунтами, неглубоким залеганием пресных грунтовых вод. Использование хлопчатником и люцерной почвенно-грунтовых вод для водного и минерального питания, по данным академика В. А. Ковды [1], начинается при минерализации примерно 10–12 г/л и меньше. Грунтовые воды с минерализацией 5–6 г/л физиологически доступны для растений, но использование их для орошения вызывает некоторое сезонное засоление почв и снижение их плодородия. Грунтовые воды с минерализацией 2–3 г/л и меньше физиологически благоприятны для растений.

Режимы орошения сельскохозяйственных культур при близком залегании грунтовых вод имеют свои особенности [2].

Выбор оптимальных режимов орошения сельскохозяйственных культур с учетом уровня и минерализации грунтовых вод определяет цель настоящей работы.

Материалы и методы. В качестве физической модели использован однородный почвогрунт с уровнем грунтовых вод и расчетным корнеобитаемым слоем почвы. Для подсчета общего запаса влаги в верхнем метро-

вом слое почвы за вегетационный период сельскохозяйственных культур (в зависимости от грунтовых вод) использованы лизиметрические данные, которые позволили получить зависимость доступного запаса влаги от глубины залегания грунтовых вод [3, 4]. Расчет оросительной нормы сельскохозяйственных культур проводился по формуле А. Н. Костякова [5]. Приведены величины суммарного испарения и капиллярного подпитывания грунтовых вод за период вегетации сельскохозяйственных культур для условий Прикопетдагской подзоны Туркменистана [2]. Определены оптимальная предполивная влажность незасоленной почвы, расчетный слой почвы в период плодообразования, поливные нормы для сельскохозяйственных культур с использованием коэффициента подпитывания почвы грунтовыми водами по данным Х. А. Аманова [6] и глубина увлажнения для разных растений.

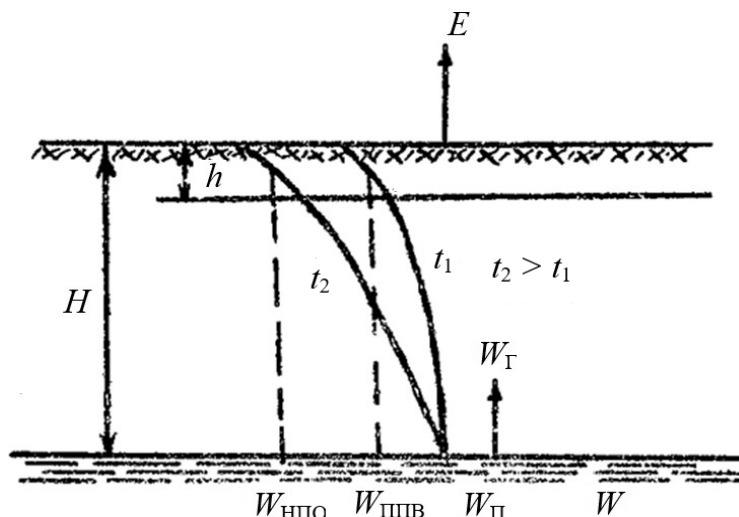
Результаты и обсуждение. Поток влаги,двигающейся от уровня грунтовых вод вверх к испарению W_G , и влажность почвы в зоне аэрации при близком расположении грунтовых вод (до 3–3,5 м) существенно зависят от их глубины H .

В качестве физической модели рассмотрен однородный почвогрунт с уровнем грунтовых вод H и расчетным корнеобитаемым слоем почвы h , регулирование влажности зоны аэрации в котором происходит, как показано на рисунке 1 [7].

При проведении полива нормой m влага распределяется по глубине почвогрунтов таким образом, что в расчетном корнеобитаемом слое почвы запас влаги достигает значения $W_{ППВ}$, а ниже этого слоя влажность по некоторому закону растет до полного насыщения $W_{П}$ на зеркале грунтовых вод.

После полива гравитационная составляющая потока, направленная вниз, будет максимальной, а капиллярная составляющая потока, направленная вверх, – минимальной. В межполивной период влага расходуется на испарение с поверхности почвы и транспирацию сельскохозяйствен-

ными культурами (суммарное испарение) с интенсивностью E за счет влаги, расположенной в верхних слоях почвы. В результате этого здесь возникают достаточные градиенты влажности. С увеличением градиента влажности возрастает поступление влаги из нижних слоев и грунтовых вод в верхние.



E – суммарное испарение, $\text{м}^3/\text{га}$; H – уровень грунтовых вод, м ; h – корнеобитаемый слой почвы, м ; t – момент времени, с ; $W_{\text{Г}}$ – поток влаги,двигающейся от уровня грунтовых вод вверх на испарение, $\text{м}^3/\text{га}$; $W_{\text{ППВ}}$ – предельная полевая влагоемкость, %; $W_{\text{П}}$ – полное насыщение влагой почвы, %; $W_{\text{НПО}}$ – нижний оптимальный предел влаги в почве, %; W – уровень влажности почвы, %

E – total evaporation, m^3/ha ; H – groundwater table, m ; h – root layer, m ; t – time moment, s ; $W_{\text{Г}}$ – moisture flow moving from the groundwater table upward for evaporation, m^3/ha ; W_{PPV} – maximum field moisture capacity, %; W_{P} – complete saturation of soil with moisture, %; W_{NPO} – lower optimal soil moisture limit, %; W – soil moisture level, %

**Рисунок 1 – Схема модели влагообмена
 зоны аэрации почвогрунтов с грунтовыми водами
 Figure 1 – Scheme of the moisture exchange
 model between the aeration zone of soils and groundwater**

Пресные и слабоминерализованные грунтовые воды, залегающие на глубине 1–2 м, хорошо воспринимаются растениями [8]. С приближением пресных грунтовых вод к поверхности земли урожайность хлопчатника и люцерны увеличивается, а затраты оросительной воды снижаются. С апреля по октябрь из грунтовых вод хлопчатник использует при глубине их залегания 1 м 330–1000 мм, 2 м – 160–444 мм, 3 м – 50–200 мм. Использование грунтовых вод люцерной при их глубине 1–3 м по сравнению с полем хлопчатника больше в 2 раза.

Пользуясь лизиметрическими данными, для подсчета общего запаса влаги в верхнем метровом слое почвы за вегетационный период (изменяющегося под влиянием грунтовых вод) получили зависимость [3]:

$$W = \frac{350}{H^{2/3}},$$

где W – общий запас влаги в слое 0–100 см, мм;

H – глубина залегания грунтовых вод (1–3 м), м.

Для определения доступного запаса влаги ($W_{\text{дос}}$, м³/га) в грунтовых водах дается следующая зависимость [3]:

$$W_{\text{дос}} = \frac{B}{H^n},$$

где B и n – коэффициенты, зависящие от гранулометрического состава, предполивной влажности и расчетного слоя почвы.

Приближенные величины B и n для расчетных слоев почв 0–60, 0–80, 0–100 см, по данным Х. А. Аманова, приведены в таблице 1. Значения B и n рекомендуются для условий совершенной агротехники сельскохозяйственных культур на незасоленных тяжелых почвах.

Таблица 1 – Значения коэффициентов B и n

Table 1 – Values of coefficients B and n

Предполивная влажность почвы, %	Расчетный слой почвы, см	B	n
65	0–60	40	2,10
	0–80	70	1,50
	0–100	110	1,50
75	0–60	35	2,77
	0–80	65	1,83
	0–100	90	1,73

Для подземного орошения используют специальные шлюзовые устройства на дренажных системах, которые позволяют свободно регулировать глубину залегания опресненных грунтовых вод с целью обеспечения водой корневых систем растений. Дренажные системы после рассоления почв и опреснения грунтовых вод должны выполнять двухстороннее регулирование водно-солевого режима орошаемых почв. Такое орошение из-

давно применялось в Средней Азии. В Ферганской долине в зоне вклинивания грунтовых вод участки площадью 1–1,5 га огораживают по периметру каналами глубиной до 1 м, в которые подается вода для подъема уровня грунтовых вод. В хозяйстве «Пахта-Арал» в Голодной степи в результате промывных поливов большими нормами над минерализованными грунтовыми водами создана и поддерживается подушка пресных, близко расположенных к поверхности земли грунтовых вод (1,2–2,5 м). При 3–5 вегетационных поливах дождеванием небольшими нормами 400–500 м³/га получают 30 ц/га хлопка-сырца.

По данным мелиоративного кадастра, имеются следующие площади (тыс. га) с глубиной залегания грунтовых вод: менее 1 м – 48,7; 1–1,5 м – 127,1; 1,5–2 м – 444. Общая площадь с уровнем грунтовых вод до 2 м – 615,9 тыс. га, или 46 % орошаемых земель. Площади земель с минерализацией грунтовых вод до 1 г/л составляют 146,4 тыс. га (11 %), 1–3 г/л – 665,8 тыс. га (50 %) (таблица 2).

Таблица 2 – Площади орошаемых земель по глубине залегания и минерализации грунтовых вод

В тыс. га

Table 2 – Irrigated land areas by groundwater depth and mineralization
 In thousands ha

Область (вেলাят)	Глубина грунтовых вод, м			Минерализация грунтовых вод, г/л	
	< 1,0	1–1,5	1,5–2,0	< 1	1–3
Районы государственного подчинения	2,5	11,6	54,3	34,4	103,4
Марыйский	36,4	32,1	83,6	32,4	137,7
Чарджоуский (в настоящее время Лебапский)	3,4	43,0	126,8	41,1	181,1
Ташаузский (в настоящее время Дашогузский)	6,4	40,4	175,4	38,5	243,6
Итого	48,7	127,1	440,1	146,4	665,8

Внедрение двухстороннего регулирования водного режима позволит комплексно использовать грунтовые и поливные воды для орошения. Водный режим зоны аэрации предлагается регулировать за счет капил-

лярного подпитывания из грунтовых вод при поддержании их на оптимальной глубине, а тепловой режим почвы и микроклимат приземного слоя воздуха – за счет проведения поливов небольшими нормами. При работе систем двухстороннего регулирования капиллярное подпитывание грунтовыми водами поддерживает влажность в зоне аэрации в границах 75–80 % предельной полевой влагоемкости (ППВ), что бесперебойно обеспечивает сельскохозяйственные культуры влагой. Потребность растений в воде удовлетворяется за счет капиллярного подпитывания грунтовыми водами до 65 %, а на 35 % – за счет поливов.

Исследование накопления ионов хлора в зоне аэрации и в верхнем слое 1 м при уровне грунтовых вод 1–3 м и их минерализации 1–10 г/л в Хорезмском оазисе, проведенное Ф. М. Рахимбаевым [9], показало, что накопление хлор-иона в течение одного вегетационного периода может превысить 0,015 % даже при минерализации грунтовых вод 1–3 г/л, если грунтовые воды находятся на глубине 1–1,5 м. А при минерализации грунтовых вод 10 г/л количество хлор-иона достигает того же значения при их глубине 2,8 м. Критическая глубина засоленных грунтовых вод ($H_{кр}$), по Ф. М. Рахимбаеву, для условий Южного Хорезма в зависимости от содержания хлор-иона в слое 0–100 см и минерализации грунтовых вод составляет 1,0–2,8 м от поверхности земли (таблица 3).

Таблица 3 – Критическая глубина залегания грунтовых вод

В м

Table 3 – Critical groundwater depth

In m

Минерализация грунтовых вод, г/л		Средневегетационная критическая глубина грунтовых вод при исходном содержании хлора (%) в слое почвы 0–100 см		
Общая	По Cl ⁻	0,005	0,01	0,015
1–3	0,16–0,49	1,0	1,0–1,1	1,0–1,5
3–5	0,49–0,82	1,0–1,2	1,1–1,8	1,9–2,5
5–8	0,82–1,31	1,2–1,8	1,8–2,2	2,5–2,7
8–10	1,31–1,64	1,8–2,0	2,2–2,5	2,7–2,9

Оптимальную глубину грунтовых вод h_{Γ} , в зависимости от их глубины и минерализации, рекомендуется принимать $h_{\Gamma} = 1,0...1,5 H_{\text{кр}}$.

Подземное орошение – совершенный водосберегающий способ полива, требующий для конкретных почвенно-мелиоративных условий изучения режима и минерализации грунтовых вод; водно-солевого баланса зоны аэрации и путей его оптимизации; эффективности предполагаемых мероприятий, направленных на увеличение урожаев сельскохозяйственных культур; влияния двухстороннего регулирования водного режима почв на комплекс факторов жизни растений и урожайность сельскохозяйственных культур; режима работы дренажа с целью отработки технологии регулирования уровня грунтовых вод для поддержания его заданной глубины; оптимальных конструктивных параметров осушительно-увлажнительных систем двухстороннего действия; площадей, на которых возможно применение осушительно-увлажнительных систем для орошения; составления технико-экономических обоснований рекомендуемых мероприятий [10, 11].

Допустимые величины минерализации грунтовых и поверхностных вод зависят от водопроницаемости почвогрунтов, их дренированности, а также солеустойчивости сельскохозяйственных культур. Допустимая минерализация грунтовых и поверхностных вод на дренированных площадях (20–25 % отвода воды дренажем от водоподачи на орошение) при среднесуглинистом гранулометрическом составе – до 3 г/л, легкосуглинистых и песчаных грунтах (25–30 % отвода воды) – 3–4 г/л.

Отвод воды дренажем (от водоподачи) составляет в Чарджоуском (Лебапском) веляйте (области) 40–50 % (больше нормы, почти половина оросительной воды сбрасывается в дренажную сеть); в Ташаузском (Дашогузском) веляйте (области) – 20–25 % (меньше нормы); в Марыйском веляйте (области) – 15–20 % (недостаточно); в районах государственного подчинения – 10–13 % (крайне недостаточно). Грунтовые воды, содержащие менее 3–2 г/л легкорастворимых сульфатно-хлоридных солей и имеющие отток 15 %

водозабора, практически не вызывают при орошении вторичного засоления. При опреснении грунтовых вод и хорошем их оттоке на орошаемых полях образуются плодородные культурные луговые гидроморфные почвы.

При минерализации грунтовых вод выше 4 г/л и поверхностных 2–3 г/л использование грунтовых вод с двухсторонним регулированием не рекомендуется. Токсичность действия солей на растения зависит от фазы их развития. Хлопчатник наиболее чувствителен к солям до фазы цветения. В этот период он выдерживает только слабое засоление.

Оросительную норму (M) сельскохозяйственных культур рассчитывают по формуле А. Н. Костякова [5, 12]:

$$M = E - 10mP(W_H - W_K) - W_G,$$

где E – суммарное испарение, м³/га;

m – коэффициент использования осадков (0,1–0,2);

P – осадки за вегетационный период, мм;

W_H, W_K – запасы влаги в почве, соответственно в начале и конце вегетационного периода, м³/га;

W_G – капиллярное подпитывание корнеобитаемого слоя почвы из близкорасположенных грунтовых вод, м³/га.

Формулы для определения E и W_G даны в таблице 4.

Таблица 4 – Формулы Х. А. Аманова для расчета E и W_G

Table 4 – Formulas by X. A. Amanov for calculating E and W_G

Поле	Для суммарного испарения (E)	Для подпитывания грунтовых вод (W_G)
1	2	3
Хлопковое	$E_x = 523^4 \sqrt{\frac{\sum t \cdot y_x}{H}}$	$W_G^x = \frac{\sum t \cdot y_x}{50\sqrt{H^3}}$
Люцерновое	$E_l = 200^3 \sqrt{\frac{\sum t \cdot y_l}{H}}$	$W_G^l = \frac{\sum t \cdot y_l}{90\sqrt{H^3}}$
Кукурузное	$E_k = 410^4 \sqrt{\frac{\sum t \cdot y_k}{H}}$	$W_G^k = \frac{\sum t \cdot y_k}{735\sqrt{H^3}}$

Продолжение таблицы 4

Table 4 continued

1	2	3
Долгосрочное овощное	$E_o = 3404 \sqrt{\frac{\sum t \cdot y_o}{H}}$	$W_{\Gamma}^o = \frac{\sum t \cdot y_o}{735 \sqrt{H^3}}$
Примечание – $E_x, E_{\text{л}}, E_{\text{к}}, E_o, W_{\Gamma}^x, W_{\Gamma}^{\text{л}}, W_{\Gamma}^{\text{к}}, W_{\Gamma}^o$ – суммарное испарение и подпитывание грунтовых вод, соответственно для хлопкового, люцернового, кукурузного и овощного полей за период вегетации, м ³ /га; $\sum t$ – сумма среднесуточных температур воздуха за период вегетации (для хлопчатника, люцерны и долгосрочных овощных с апреля по октябрь, для кукурузы – с апреля по сентябрь); $y_x, y_{\text{л}}, y_{\text{к}}, y_o$ – урожайность хлопка, люцерны, кукурузы и овощей, ц/га; H – глубина грунтовых вод (1–3 м), м.		

Величины суммарного испарения и капиллярного подпитывания грунтовых вод за период вегетации для условий Прикопетдагской подзоны Туркменистана, рассчитанные по формулам Х. А. Аманова, приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Размеры суммарного испарения и подпитывания грунтовых вод за вегетационный период

В м³/га

Table 5 – Amounts of evapotranspiration and groundwater recharge during the growing season

In m³/ha

Глубина грунтовых вод, м	Хлопчатник ($y_x = 30$ ц/га)	Люцерна ($y_{\text{л}} = 150$ ц/га)	Кукуруза ($y_{\text{к}} = 75$ ц/га)	Овощи долгосрочные ($y_o = 1000$ ц/га)
Суммарное испарение (E)				
1,0	10395	18338	9955	16189
1,5	9398	16000	8995	14625
2,0	8715	14558	8372	13605
2,5	8237	13509	7913	12871
3,0	7875	12719	7564	12297
Подпитывание грунтовых вод (W_{Γ})				
1,0	3084	8572	4346	7000
1,5	1680	4671	1938	3813
2,0	1090	3040	1086	2481
2,5	787	2187	695	1785
3,0	594	1650	483	1347

На всех землях, подверженных засолению, необходимо применять промывной режим орошения, т. е. увеличивать оросительные нормы в сред-

нем на 15–25 %, по сравнению с незасоленными почвами. Оросительная норма нетто с учетом промывного режима будет равна:

$$M^{\text{п}} = M + \Delta M.$$

Объем воды ΔM , необходимый для поддержания промывного режима, определяется в зависимости от водно-физических свойств почвогрунтов, минерализации грунтовых и поливных вод, глубины залегания грунтовых вод, допустимого содержания солей в корнеобитаемом слое и др. Для предварительного расчета может быть принята зависимость: $\Delta M = 0,15 \dots 0,25 M$.

При неглубоком залегании пресных грунтовых вод поливную норму сельскохозяйственных культур (m , м³/га) можно определить по формуле:

$$m = 100\alpha h(\beta_{\text{ППВ}} - \beta_{\text{мин}})K_{\text{п}},$$

где α – объемная масса почвы, г/см³;

h – глубина увлажнения почвы, м;

$\beta_{\text{ППВ}}, \beta_{\text{мин}}$ – предельная полевая влагоемкость и допустимая предполивная влажность почвы, %;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент подпитывания почвы грунтовыми водами по данным Х. А. Аманова (представлен в таблице 6).

Таблица 6 – Коэффициент подпитывания почвы грунтовыми водами $K_{\text{п}}$ для уровня грунтовых вод 1–3 м

Table 6 – Coefficient of soil recharge with groundwater K_{p} for groundwater table 1–3 m

Слой почвы, см	Хлопчатник			Люцерна			Кукуруза и овощные культуры		
	1 м	2 м	3 м	1 м	2 м	3 м	1 м	2 м	3 м
0–50	0,84	0,96	1,0	0,70	0,80	0,90	0,75	0,96	1,0
0–70	0,60	0,82	0,92	0,50	0,70	0,85	0,55	0,87	1,0
0–100	0,30	0,55	0,86	0,30	0,58	0,75	0,40	0,78	1,0

Выводы. Внедрение двухстороннего регулирования водного режима позволит комплексно использовать грунтовые (пресные и слабоминерализованные) и поливные воды для орошения. Установлено, что оптимальная

предполивная влажность незасоленной почвы составляет для хлопчатника 70 % ППВ до созревания и 60–65 % в период созревания; для люцерны, кукурузы и овощных культур – 70–75 % ППВ. На засоленных почвах предполивная влажность повышается и составляет для хлопчатника и кукурузы 75 %, для люцерны и овощных культур – 75–80 % ППВ. Расчетный слой почвы в среднем составляет 0,7 м до цветения и 1,0 м – в период плодообразования хлопчатника. Эти показатели применимы и для кукурузы. Поливные нормы люцерны следует рассчитывать по дефициту влаги в слое почвы 1,0 м. Глубину увлажнения 0,7–0,8 м можно принимать для овощных культур.

Список источников

1. Ковда В. А. Проблемы борьбы с опустыниванием и засолением орошаемых земель. М.: Колос, 1984. 304 с. EDN: ZANOXR.
2. Ольгаренко Г. В., Капустина Т. А., Медведева Е. В. Методические указания по нормированию орошения с учетом корректировки биологических коэффициентов, дифференциации почвенно-климатических условий и пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических факторов: метод. указания. М., 2022. 80 с.
3. Аманов Х. А. Оросительные и дренажные системы нового типа. Ашхабад, 1989. 48 с.
4. Конторович И. И. Мелиоративное состояние орошаемых земель в Волгоградской области // Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: материалы Междунар. науч.-практ. конф., провед. в рамках Междунар. науч.-практ. форума, посвящ. 75-летию Победы в Велик. Отечеств. войне 1941–1945 гг., г. Волгоград, 29–31 янв. 2020 г. Волгоград: ВГАУ, 2020. Т. 3. С. 86–93. EDN: KQUDFU.
5. Костяков А. Н. Основы мелиорации. 6-е изд., доп. и перераб. М.: Сельхозгиз, 1960. 662 с. EDN: ZRKDXB.
6. Аманов Х. А. Методические указания по курсовому проекту орошения земель. Ч. 1. Режим орошения сельскохозяйственных культур. Ашхабад, 1989.
7. Циприс Д. Б., Саноян М. Г. Двухстороннее регулирование водного режима почв: агрометеорологические аспекты / под ред. Б. Б. Шумакова. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 184 с.
8. Алгоритмизация технологического процесса освоения засоленных земель для возделывания сельскохозяйственных культур / Ж. С. Мустафаев, А. Т. Козыкеева, Л. В. Кирейчева, Л. К. Жусупова // Международный технический журнал. 2017. № 5. С. 83–90.
9. Рахимбаев Ф. М. Режим грунтовых вод, засоляющих почвы в Южном Хорезме // Влияние орошения на вторичное засоление, химический состав и режим подземных вод. М., 1964. С. 166–171.
10. Горохова И. Н., Панкова Е. И., Харланов В. А. Изменение мелиоративного состояния орошаемых почв Волгоградской области в XXI веке // Почвоведение. 2019. № 5. С. 595–612. DOI: 10.1134/S0032180X19030067. EDN: ZBGRCP.

11. Чембарисов Э. И., Ходжамуратова Р. Т., Шодиев С. Р. Характеристика грунтовых вод обсохшей части Аральского моря // Вестник мелиоративной науки [Электронный ресурс]. 2019. Вып. 3. С. 65–72. URL: <http://vniiraduga.ru/wp-content/uploads/2020/07/vestnik-meliorativnoj-nauki-3-2019.pdf> (дата обращения: 01.03.2024). EDN: QNCKWT.

12. Особенности формирования водопотребления агроландшафтных систем в низовьях реки Сырдарьи (Кызылординская область) / Л. В. Кирейчева, Ж. С. Мустафаев, А. Т. Козыкеева, Л. К. Жусупова, К. Б. Абдешев // Проблемы развития сельскохозяйственных мелиораций и водохозяйственного комплекса на базе цифровых технологий: материалы междунар. юбилейн. науч.-практ. конф. М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. Т. 2. С. 106–111.

References

1. Kovda V.A., 1984. *Problemy bor'by s opustynivaniem i zasoleniem oroshaemykh zemel'* [Problems of Combating Desertification and Salinization of Irrigated Lands]. Moscow, Kolos Publ., 304 p., EDN: ZANOXR. (In Russian).

2. Olgarenko G.V., Kapustina T.A., Medvedeva E.V., 2022. *Metodicheskie ukazaniya po normirovaniyu orosheniya s uchetom korrektyrovki biologicheskikh koeffitsientov, differentsiatsii pochvenno-klimaticheskikh usloviy i prostranstvenno-vremennoy izmenchivosti gidrometeorologicheskikh faktorov: metod. ukazaniya* [Guidelines for Rationing Irrigation Taking into Account the Adjustment of Biological Coefficients, Differentiation of Soil-Climatic Conditions and Spatiotemporal Variability of Hydrometeorological Factors]. Moscow, 80 p. (In Russian).

3. Amanov Kh.A., 1989. *Orositel'nye i drenazhnye sistemy novogo tipa* [Irrigation and Drainage Systems of a New Type]. Ashgabat, 48 p. (In Russian).

4. Kontorovich I.I., 2020. *Meliorativnoe sostoyanie oroshaemykh zemel' v Volgogradskoy oblasti* [Reclamation state of irrigated lands in Volgograd region]. *Optimizatsiya sel'skokhozyaystvennogo zemlepol'zovaniya i usilenie eksportnogo potentsiala APK RF na osnove konvergentnykh tekhnologiy: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konf., provedennoy v ramkakh Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma, posvyashch. 75-letiyu Pobedy v Velikoy Otechestvennoy voyne 1941–1945 gg.* [Optimization of Agricultural Land Use and Strengthening the Export Potential of the Agro-Industrial Complex of the Russian Federation Based on Convergent Technologies: Proc. of the International Scientific-Practical Conference, Conducted within the Framework of the International Scientific-Practical Forum, Devoted to the 75th Anniversary of the Victory in Great Patriotic War of 1941–1945]. Volgograd, VSAU, vol. 3, pp. 86-93, EDN: KQUDFU. (In Russian).

5. Kostyakov A.N., 1960. *Osnovy melioratsii* [Fundamentals of Land Reclamation]. 6th ed., add. and processed, Moscow, Selkhozgiz Publ., 662 p., EDN: ZRKDXB. (In Russian).

6. Amanov Kh.A., 1989. *Metodicheskie ukazaniya po kursovomu proektu orosheniya zemel. Ch. 1. Rezhim orosheniya selskokhozyaystvennykh kultur* [Guidelines for the Course Project on Land Irrigation. Pt. 1. Irrigation Regime for Agricultural Crops]. Ashgabat. (In Russian).

7. Tsipris D.B., Sanoyan M.G., 1978. *Dvukhstoronnee regulirovanie vodnogo rezhima pochv: agrometeorologicheskie aspekty* [Bilateral Regulation of Soil Water Regime: Agrometeorological Aspects]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 184 p. (In Russian).

8. Mustafayev Zh.S., Kozykееva A.T., Kireycheva L.V., Zhushupova L.K., 2017. *Algoritmizatsiya tekhnologicheskogo protsessa osvoeniya zasolennykh zemel' dlya vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Algorithmization of the technological process of developing saline lands for agricultural crops cultivation]. *Mezhdunarodnyy tekhnicheskyy zhurnal* [International Technical Journal], no. 5, pp. 83-90. (In Russian).

9. Rakhimbaev F.M., 1964. *Rezhim gruntovykh vod, zasolyayushchikh pochvy v Yu-*

zhnom Khorezme [Regime of groundwater salinizing soils in Southern Khorezm]. *Vliyaniye orosheniya na vtorichnoye zasoleniye, khimicheskiy sostav i rezhim podzemnykh vod* [The Influence of Irrigation on Secondary Salinization, Chemical Composition and Regime of Groundwater]. Moscow, pp. 166-171. (In Russian).

10. Gorokhova I.N., Pankova E.I., Kharlanov V.A., 2019. *Izmeneniye meliorativnogo sostoyaniya oroshaemykh pochv Volgogradskoy oblasti v XXI veke* [Changes in the reclamation state of irrigated soils of the Volgograd region in the 21st century]. *Pochvovedeniye* [Eurasian Soil Science], no. 5, pp. 595-612, DOI: 10.1134/S0032180X19030067, EDN: ZBGRCР. (In Russian).

11. Chembarisov E.I., Khodzhamuratova R.T., Shodiev S.R., 2019. *Kharakteristika gruntovykh vod obsokhshey chasti Aral'skogo morya* [Characteristics of groundwater in the dried part of the Aral Sea]. *Vestnik meliorativnoy nauki* [Bull. of Reclamation Science], vol. 3, pp. 65-72, available: <http://vniiraduga.ru/wp-content/uploads/2020/07/vestnik-meliorativnoy-nauki-3-2019.pdf> [accessed 01.03.2024], EDN: QNCKWT. (In Russian).

12. Kireycheva L.V., Mustafaev Zh.S., Kozykееva A.T., Zhusupova L.K., Abdeshev K.B., 2019. *Osobennosti formirovaniya vodopotrebleniya agrolandshaftnykh sistem v nizov'yakh reki Syrdar'i (Kyzylordinskaya oblast')* [Features of the formation of water consumption of agricultural landscape systems in the lower reaches of the Syrdarya River (Kyzylorda region)]. *Problemy razvitiya sel'skokhozyaystvennykh melioratsiy i vodokhozyaystvennogo kompleksa na baze tsifrovyykh tekhnologiy: materialy mezhdunarodnoy yubileynoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Problem Development of Agricultural Reclamation and Water Management Complex Based on Digital Technologies: Proc. of International Jubilee Scientific-Practical Conference]. Moscow, VNIIGiM Publ., vol. 2, pp. 106-111. (In Russian).

Информация об авторах

М. Н. Шаммедов – начальник отдела науки, кандидат технических наук, Туркменский сельскохозяйственный университет имени С. А. Ниязова, Ашхабад, Туркменистан, sagitarius80@mail.ru;

П. М. Ишангулиев – заведующий кафедрой землеустройства и земельного кадастра, Туркменский сельскохозяйственный университет имени С. А. Ниязова, Ашхабад, Туркменистан, penamuhamme@gmail.com.

Information about the authors

M. N. Shammedov – Head of Science Department, Candidate of Technical Sciences, S. A. Niyazov Turkmen Agricultural University, Ashgabat, Turkmenistan, sagitarius80@mail.ru;

P. M. Ishangulyyev – Head of the Department of Land Management and Land Cadastre, S. A. Niyazov Turkmen Agricultural University, Ashgabat, Turkmenistan, penamuhamme@gmail.com.

*Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.*

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 26.01.2024; одобрена после рецензирования 29.02.2024; принята к публикации 11.04.2024.

The article was submitted 26.01.2024; approved after reviewing 29.02.2024; accepted for publication 11.04.2024.