

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАТИВНО- ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Научная статья

УДК 631.41/631.67

Изменение водно-физических и химических свойств почв при орошении слабоминерализованными водами люцерны и сорго в качестве культур-освоителей

Мердан Назарович Шаммедов

Туркменский сельскохозяйственный университет имени С. А. Ниязова, Ашхабад,
Туркменистан, sagitarius80@mail.ru

Аннотация. **Цель:** выявление изменения водно-физических и химических свойств почв при орошении слабоминерализованными водами люцерны и сорго в качестве культур-освоителей. **Материалы и методы.** Проведены опыты с орошением двух культур-освоителей пресной и слабоминерализованной водой с целью выявления изменения водно-физических и химических свойств почв. **Результаты.** Под влиянием орошения слабоминерализованными водами происходит изменение водно-физических свойств пустынно-песчаных почв. По механическому составу они становятся более тяжелыми, дисперсность их увеличивается, а количество водопрочных агрегатов уменьшается. Под влиянием полива минерализованными водами произошло диспергирование крупных частиц. Содержание в метровом слое почвы фракции менее 0,001 мм до орошения составляло 6,36 %, а после орошения слабоминерализованными водами оно увеличилось до 8,2 %. Произошло также уплотнение почвы – объемная масса полуметрового слоя увеличилась на 0,11 г/куб. см, вследствие чего порозность уменьшилась на 4,6 %. **Выводы.** Орошение минерализованными водами отмечается накоплением солей в корнеобитаемом слое к концу вегетации. Накопление солей в почве можно объяснить тем, что органические удобрения и корневые остатки повышают водоудерживающую способность песчаных почв. Преобладание катионов калия над другими катионами в минерализованной оросительной воде снижает коэффициент фильтрации и влагопроводности, повышает водоудерживающую способность почвы. Солевой баланс полей люцерны и сорго, составленный при глубоком залегании грунтовых вод, показал, что происходит накопление солей. Вынос солей из метрового слоя почвы больше при поливе минерализованными водами.

Ключевые слова: водно-физические и химические свойства, почва, орошение, минерализованная вода, полив, соли, люцерна, сорго

Апробация результатов исследования: основные положения статьи доложены на Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы мелиоративно-водохозяйственного комплекса и пути их решения» (г. Новочеркасск, 11 октября 2024 г.).

Для цитирования: Шаммедов М. Н. Изменение водно-физических и химических свойств почв при орошении слабоминерализованными водами люцерны и сорго в качестве культур-освоителей // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 94, № 3. С. 62–72.

MODERN PROBLEMS OF THE RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT COMPLEX AND WAYS TO SOLUTION THEM

Original article

Changes in the water-physical and chemical properties of soils during irrigation of alfalfa and sorghum as host crops with low-mineralized waters

Merdan N. Shammedov

S. A. Niyazov Turkmen Agricultural University, Ashgabat, Turkmenistan, sagitarius80@mail.ru

Abstract. Purpose: to identify changes in the water-physical and chemical properties of soils during irrigation of alfalfa and sorghum as host crops with low-mineralized waters. **Materials and methods.** Experiments were carried out with the irrigation of two host crops with fresh and low-mineralized water, to identify changes in the water-physical and chemical properties of soils. **Results.** Under the influence of irrigation with low-mineralized waters, the water-physical properties of desert-sandy soils change. In terms of their mechanical composition, they become heavier, their dispersion increases, and the number of water-resistant aggregates decreases. Under the influence of irrigation with mineralized waters, large particles were dispersed. The content of the fraction in a meter layer of soil less than 0.001 mm was 6.36 % before irrigation and after irrigation with low-mineralized waters it increased to 8.2 %. Soil compaction also occurred – the volumetric mass of a half-meter layer increased by 0.11 g/cub. cm, as a result of which porosity decreased by 4.6 %. **Conclusions.** Irrigation with mineralized waters is marked by the accumulation of salts in the root layer towards the end of the growing season. The accumulation of salts in the soil can be explained by the fact that organic fertilizers and root residues increase the water-holding capacity of sandy soils. Also, the predominance of potassium cations over other cations in mineralized irrigation water reduces the filtration coefficient, hydraulic conductivity, and increases the water-holding capacity of the soil. The salt balance of alfalfa and sorghum fields, compiled with deep groundwater, showed that salt accumulation occurs. The removal of salts from a meter layer of soil is greater when irrigated with mineralized waters.

Keywords: water-physical and chemical properties, soil, irrigation, mineralized water, watering, salts, alfalfa, sorghum

Evaluation of the research results: the main provisions of the article were reported at the All-Russian scientific and practical conference “Modern Problems of Land Reclamation and Water Industrial Complex and Ways to Solve Them” (Novocherkassk, October 11, 2024).

For citation: Shammedov M. N. Changes in the water-physical and chemical properties of soils during irrigation of alfalfa and sorghum as host crops with low-mineralized waters // *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;94(3):62–72. (In Russ.).

Введение. Исследованиями [1–5] было установлено, что при длительном орошении складывающийся солевой режим почв зависит от различных свойств почв и почвообразующих пород, гидромелиоративных условий района орошения, минерализации и химического состава оросительных вод, климатических особенностей зоны орошения, типа водного режима и технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Анализ существующих исследований по этому вопросу не отображает полной картины изменения свойств почвы при орошении различными по минерализации водами, поэтому целью наших исследований стало выявление изменения водно-физических и химических свойств почв при орошении слабоминерализованными водами люцерны и сорго в качестве культур-освоителей.

Материалы и методы. Исследования, посвященные выявлению изменения водно-физических и химических свойств почв при орошении слабоминерализованными водами люцерны и сорго в качестве культур-освоителей, проводились на территории учебно-опытного хозяйства Туркменского сельскохозяйственного университета имени С. А. Ниязова с 2011 по 2015 г. Опыты проводились в двух вариантах и в 3-кратной повторности, с двумя культурами-освоителями: люцерной и сорго.

В первом варианте орошение культур-освоителей проводилось пресной, а во втором – слабоминерализованной водой, содержащей солей 3–4 г/л [6, 7]. За вегетационный период три раза под культуры-освоители были внесены подкормки: под сорго – азота – 150, фосфора – 100 и калия – 60 кг/га действующего вещества; под люцерну – фосфора – 100, калия – 60 кг д. в./га.

Результаты и обсуждение. Исследования показали, что под влиянием орошения слабоминерализованными водами происходит некоторое изменение водно-физических свойств пустынно-песчаных почв [8]. По механическому составу они становятся более тяжелыми, дисперсность их увеличивается, а количество водопрочных агрегатов уменьшается. После пяти лет орошения люцерны и сорго произошли незначительные изменения в механическом составе верхнего метрового слоя песчаной почвы [9, 10]. Эти изменения вызваны, по всей видимости, воздействием полива водой мутностью 0,8–1,2 г/л. Возможно также, что под влиянием полива минерализованными водами произошло диспергирование крупных частиц. Так, содержание фракции в метровом слое почвы менее 0,001 мм до орошения составляло 6,36 %, а после пятилетнего орошения слабоминерализованными водами оно увеличилось до 8,2 %. Произошло также уплотнение почвы – объемная масса полуметрового слоя увеличилась на 0,11 г/см³, вследствие чего порозность уменьшилась на 4,6 % (таблица 1).

**Таблица 1 – Изменение физических свойств почв опытного участка
 после орошения минерализованной водой**

**Table 1 – Changes in the physical properties of soils in the experimental
 plot after irrigation with mineralized water**

Горизонт, см	Исходные данные		После 5-летнего орошения	
	Объемная масса, г/см ³	Порозность, %	Объемная масса, г/см ³	Порозность, %
0–25	1,54	41,4	1,61	39,2
25–50	1,53	42,5	1,61	32,2
50–75	1,55	42,2	1,65	37,7
75–100	1,56	41,8	1,65	37,7
100–125	1,55	42,0	1,74	34,3
125–150	1,54	42,0	1,69	36,2
0–50	1,54	41,9	1,61	39,2
0–100	1,55	42,0	1,63	38,5
0–150	1,55	42,0	1,66	37,7

Изменение физических свойств почв привело к изменению водных свойств. До начала орошения коэффициент фильтрации пустынно-песчаных почв опытного участка равнялся 5,5 м/сут, а после пяти лет орошения культуры сорго слабоминерализованной водой он снизился до 4 м/сут.

Максимальная гигроскопичность пустынно-песчаных почв до орошения в метровом слое в среднем составляла 0,79 % от массы абсолютно сухой почвы, а к концу пятого года орошения пресной водой повысилась до 0,85 %. При поливе минерализованной водой – до 0,96 %. Влажность завядания растений до орошения в метровом слое была равна 1,19 % от сухой массы, после пятилетнего орошения пресной водой составила 1,28 %, минерализованной – 1,44 %.

Высокая водопроницаемость, легкость механического состава, низкое содержание илистых частиц делают возможным орошение пустынно-песчаных почв минерализованными водами. Изменчивость гидрофизических свойств в результате пятилетнего орошения не ведет к диспергации почвенной массы, а способствует ее стабилизации, что дает основание считать возможным длительное орошение пустынно-песчаных почв слабоминерализованными водами, содержащими плотный остаток 4–5 г/л.

В песчаных почвах вследствие высокой температуры и аэрации органическое вещество минерализуется очень быстро, образуется незначительное количество гумуса, которое закрепляется очень слабо.

Орошение слабоминерализованными водами влияет на состав органического вещества (гумус) почвы, которое в свою очередь оказывает глубокое и разностороннее влияние на протекающие в почве процессы. Содержание гумуса в почве – наиболее существенный показатель ее плодородия. До орошения содержание гумуса в полуметровом слое составляло 0,14–0,16 %, азота – 0,01 %, подвижного фосфора – 7–14 %. В конце вегетации содержание гумуса под люцерной увеличилось до 0,16–0,30 %, под сорго – 0,13–0,19 % (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание питательных веществ в пустынно-песчаной почве

Table 2 – Nutrient content in desert sandy soil

Год проведения опыта	Горизонт, см	Гумус, %	Азот общий, %	Подвижный фосфор, мг/кг
До орошения в начале вегетации, 2011 г.	0–25	0,162	0,010	13,6
	25–50	0,141	0,009	7,1
Люцерна, В-I, орошение пресной водой, в конце вегетации				
2011	0–25	0,300	0,030	36,0
	25–50	0,161	0,020	12,7
2015	0–25	0,200	0,122	–
	25–50	0,135	0,060	–
Люцерна, В-II, орошение минерализованной водой 3–4 г/л, в конце вегетации				
2011	0–25	0,193	0,020	30,2
	25–50	0,246	0,025	13,2
2015	0–25	0,135	0,084	–
	25–50	0,229	0,084	–
Сорго, В-I, орошение пресной водой, в конце вегетации				
2011	0–25	0,128	0,020	21,2
	25–50	0,193	0,020	15,6
2015	0–25	0,541	0,104	–
	25–50	0,094	0,060	–
Сорго, В-II, орошение минерализованной водой 3–4 г/л, в конце вегетации				
2011	0–25	0,225	0,025	40,0
	25–50	0,214	0,021	18,1
2015	0–25	0,208	0,084	–
	25–50	0,208	0,104	–

На второй год в конце вегетации содержание гумуса увеличивается вдвое. Незначительно большее количество гумуса наблюдается после посевов сорго по сравнению с посевами люцерны. В последующие третий и четвертый годы увеличение содержания гумуса до 0,54 % наблюдается под культурой сорго, а содержание гумуса под люцерной не превышает 0,14–0,34 %. Такое явление наблюдается при поливе участков пресной водой.

При поливе культур водой, минерализация которой равна 3–4 г/л, накопление питательных веществ в почве примерно одинаково, содержание питательных элементов незначительно преобладает под сорго. При анализе действия разных вод на накопление гумусовых веществ выясняется, что при поливе культур пресной водой содержание гумуса по сравнению с первоначальным количеством возрастает за 5-летний период под люцерной в 2, под сорго – в 4 раза. При поливе водой минерализацией 3–4 г/л содержание гумуса под люцерной возросло в 2, под сорго – в 2–3 раза.

Длительное орошение слабоминерализованными водами наложило свой отпечаток на питательный режим пустынно-песчаной почвы. Увеличение содержания азота и фосфора, особенно в верхних горизонтах профиля, объясняется действием минеральных и органических удобрений, а возделывание люцерны положительно сказывается не только на содержании в почве питательных элементов, но и на развитии микрофлоры пустынно-песчаных почв.

Наблюдения за солевым режимом почвогрунтов показывают, что в конце вегетации наблюдается увеличение плотного остатка и количества хлор-иона за счет концентрации солей в поливной воде¹ [11]. Коэффициент сезонного накопления солей при использовании минерализованных вод в 1,2 раза больше по сравнению с контрольным вариантом (таблицы 3, 4).

¹Ольгаренко 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.

**Таблица 3 – Изменение содержания плотного остатка и хлор-иона
в метровом слое под люцерной**

В %

**Table 3 – Change in the content of dense residue and chlorine ion
in a meter layer under alfalfa**

In %

Год исследования / показатель	Плотный остаток		Хлор-ион	
	Пресная вода	Минерализованная вода	Пресная вода	Минерализованная вода
2011	<u>0,0720</u> 0,0764	<u>0,0564</u> 0,0787	<u>0,0046</u> 0,0059	<u>0,0081</u> 0,0106
<i>K</i>	1,06	1,39	1,28	1,30
2012	<u>0,0551</u> 0,0685	<u>0,0560</u> 0,0796	<u>0,0050</u> 0,00635	<u>0,0056</u> 0,0077
<i>K</i>	1,24	1,42	1,26	1,37
2013	<u>0,072</u> 0,078	<u>0,077</u> 0,131	<u>0,0054</u> 0,0056	<u>0,092</u> 0,400
<i>K</i>	1,08	1,70	1,03	1,37
2014	<u>0,058</u> 0,061	<u>0,107</u> 0,199	<u>0,0054</u> 0,0110	<u>0,005</u> 0,007
<i>K</i>	1,05	1,85	2,03	1,04
2015	<u>0,064</u> 0,143	<u>0,078</u> 0,141	<u>0,0049</u> 0,0045	<u>0,0056</u> 0,0045
<i>K</i>	2,20	1,81	1,09	1,24
<i>K_{ср}</i>	1,33	1,63	1,34	1,54
Примечание – В числителе – в начале вегетации, в знаменателе – в конце вегетации; <i>K</i> – коэффициент сезонного накопления солей; <i>K_{ср}</i> – коэффициент сезонного накопления солей в среднем за 5 лет.				

**Таблица 4 – Изменение содержания плотного остатка и хлор-иона
в метровом слое под сорго**

В %

**Table 4 – Change in the content of dense residue and chlorine ion
in the meter layer under sorghum**

In %

Год исследования / показатель	Плотный остаток		Хлор-ион	
	Пресная вода	Минерализованная вода	Пресная вода	Минерализованная вода
1	2	3	4	5
2011	<u>0,0673</u> 0,0829	<u>0,0592</u> 0,0646	<u>0,0042</u> 0,0077	<u>0,0053</u> 0,0067
<i>K</i>	1,23	1,09	1,83	1,26
2012	<u>0,0577</u> 0,1142	<u>0,0570</u> 0,1266	<u>0,0063</u> 0,0063	<u>0,0095</u> 0,029
<i>K</i>	1,98	2,22	1,0	3,05
2013	<u>0,0651</u> 0,0920	<u>0,074</u> 0,158	<u>0,0057</u> 0,0106	<u>0,0050</u> 0,0080
<i>K</i>	1,42	2,1	1,85	1,6

Продолжение таблицы 4

Table 4 continued

1	2	3	4	5
2014	$\frac{0,605}{0,0977}$	$\frac{0,091}{0,129}$	$\frac{0,004}{0,006}$	$\frac{0,005}{0,007}$
K	1,61	1,41	1,5	1,4
2015	$\frac{0,087}{0,108}$	$\frac{0,082}{0,215}$	$\frac{0,0040}{0,0045}$	$\frac{0,0049}{0,0052}$
K	1,2	2,6	1,1	1,1
K_{cp}	1,49	1,90	1,47	1,68
Примечание – В числителе – в начале вегетации, в знаменателе – в конце вегетации; K – коэффициент сезонного накопления солей; K_{cp} – коэффициент сезонного накопления солей в среднем за 5 лет.				

Солевой баланс полей люцерны и сорго (таблица 5), составленный при глубоком залегании грунтовых вод, показал, что происходит накопление солей.

Таблица 5 – Солевой баланс метрового слоя почвы

В т/га

Table 5 – Salt balance of a meter layer of soil

In t/ha

Год	Исходное содержание солей		Приход солей с оросительной водой		Ожидаемое содержание солей в конце вегетации		Фактическое содержание солей в конце вегетации		Количество вымытых солей	
Поля с люцерной										
2011	11,2	8,7	7,5	12,9	18,7	21,6	11,8	12,2	6,9	9,4
2012	8,5	8,7	7,3	26,9	15,8	35,6	10,6	12,3	5,2	23,3
2013	11,2	11,9	7,1	26,9	18,3	38,8	12,1	20,3	6,2	18,5
2014	9,0	16,6	7,0	29,0	16,0	15,6	9,4	30,8	6,6	14,8
Поля с сорго										
2011	10,4	9,2	5,3	9,0	15,7	18,2	12,8	10,0	2,9	8,2
2012	8,9	8,8	5,1	18,8	14,0	27,6	17,7	19,6	3,7	8,0
2013	10,1	11,7	4,9	18,8	15,0	30,5	15,4	24,5	–	6,0
2014	9,4	14,1	4,9	20,2	14,3	34,3	15,1	20,0	–	14,3
2015	13,5	12,7	4,7	15,8	18,2	28,5	16,7	33,3	1,5	–

Максимальное соленакопление отмечено при поливе минерализованной водой. Вынос солей из метрового слоя больше во втором варианте, т. е. при поливе минерализованными водами.

Выводы. Накопление солей в корнеобитаемом слое отмечается к концу вегетации. Это объясняется, с одной стороны, орошением минерали-

зованными водами, с другой – влиянием корневых остатков растений. Накопление солей в почве можно объяснить и тем, что в течение 5 лет органические удобрения и корневые остатки повысили водоудерживающую способность песчаных почв.

Еще одним фактором, влияющим на накопление солей, является преобладание катионов калия (K^+) над другими катионами в минерализованной оросительной воде. При такой картине катион K^+ снижает коэффициент фильтрации, влагопроводности, повышает водоудерживающую способность почвы. Очевидно, эти факторы и способствовали накоплению солей в пустынно-песчаной почве.

Список источников

1. Ковда В. А. Качество воды, плодородие орошаемых почв и солеустойчивость растений // Водный режим растений в засушливых районах СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 68.
2. Минашина Н. И. О почвах песчаных пустынь Средней Азии // Особенности песчаных почв и их использование: сб. ст. М., 1978. С. 34.
3. Глухова Т. П. Влияние минерализованных вод на свойства орошаемых почв // Влияние орошения на вторичное засоление, химический состав и режим подземных вод: сб. докл. Ташкент. междунар. гидрогеол. симп., 6–12 авг. 1963 г. М.: Наука, 1963. С. 75–77.
4. Рабочев И. С. Влияние минерализованных вод на солевой режим почв и урожай сельскохозяйственных культур. Ашхабад: Ылым, 1973. С. 12–14.
5. Рабочев И. С., Оразгельдыев М. Орошение сорго минерализованными водами на пустынно-песчаных почвах Центральных Каракумов // Влияние орошения на вторичное засоление, химический состав и режим подземных вод: сб. докл. Ташкент. междунар. гидрогеол. симп., 6–12 авг. 1963 г. М.: Наука, 1963. С. 71–74.
6. Шаммедов М. Н., Ишанкулиев П. М. Принципы оптимизации режима орошения сельскохозяйственных культур с учетом уровня и минерализации грунтовых вод // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия [Электронный ресурс]. 2024. Т. 92, № 1. С. 160–174. URL: https://www.rosniipm-sm1.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec277-field12.pdf (дата обращения: 30.08.2024). EDN: ZCHGRL.
7. Ковда В. А. Проблемы борьбы с опустыниванием и засолением орошаемых земель. М.: Колос, 1984. 304 с. EDN: ZANOXR.
8. Шаммедов М. Н., Ходжадурдыев Х. Основные результаты научно-исследовательских работ по капельному орошению и дождеванию // Актуальные проблемы биоразнообразия и биотехнологии: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., г. Астрахань, 15 марта 2024 г. Астрахань: Астрах. гос. ун-т им. В. Н. Татищева, 2024. С. 246–248. EDN: FRVNZQ.
9. Аманов Х. А. Оросительные и дренажные системы нового типа. Ашхабад, 1989. 48 с.
10. 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.

11. Рахимбаев Ф. М. Режим грунтовых вод, засоляющих почву в Южном Хорезме // Влияние орошения на вторичное засоление, химический состав и режим подземных вод: сб. докл. Ташкент. междунар. гидрогеол. симп., 6–12 авг. 1963 г. М.: Наука, 1963. С. 166–171.

References

1. Kovda V.A., 1960. *Kachestvo vody, plodorodie oroshaemykh pochv i soleustoychivost' rasteniy* [Water quality, fertility of irrigated soils and salt tolerance of plants]. *Vodnyy rezhim rasteniy v zasushlivykh rayonakh SSSR* [Water Regime of Plants in Arid Regions of the USSR]. Moscow, Academy of Sciences of the USSR Publ., p. 68. (In Russian).

2. Minashina N.I., 1978. *O pochvakh peschanykh pustyn' Sredney Azii* [On sandy deserts soils of Central Asia]. *Osobennosti peschanykh pochv i ikh ispol'zovanie: sb. st.* [Features of Sandy Soils and Their Use: collection of articles]. Moscow, p. 34. (In Russian).

3. Glukhova T.P., 1963. *Vliyanie mineralizovannykh vod na svoystva oroshaemykh pochv* [Influence of mineralized waters on properties of irrigated soils]. *Vliyanie orosheniya na vtorichnoe zasolenie, khimicheskiy sostav i rezhim podzemnykh vod: sb. dokl. Tashkent. mezhdunarodnogo gidrogeol. simpoziuma* [Influence of Irrigation on Secondary Salinization, Chemical Composition and Regime of Groundwater: Abstracts of Tashkent International Hydrogeological Symposium]. Moscow, Nauka Publ., pp. 75-77. (In Russian).

4. Rabochev I.S., 1973. *Vliyanie mineralizovannykh vod na solevoy rezhim pochv i urozhay sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Influence of Mineralized Waters on the Salt Regime of Soils and Crop Yields]. Ashgabat, Ylym Publ., pp. 12-14. (In Russian).

5. Rabochev I.S., Orazgeldyev M., 1963. *Oroshenie sorgo mineralizovannymi vodami na pustynno-peschanykh pochvakh Tsentral'nykh Karakumov* [Irrigation of sorghum with mineralized waters on desert-sandy soils of the Central Karakum]. *Vliyanie orosheniya na vtorichnoe zasolenie, khimicheskiy sostav i rezhim podzemnykh vod: sb. dokl. Tashkent. mezhdunarodnogo gidrogeol. simpoziuma* [Influence of Irrigation on Secondary Salinization, Chemical Composition and Regime of Groundwater: Abstracts of Tashkent International Hydrogeological Symposium]. Moscow, Nauka Publ., pp. 71-74. (In Russian).

6. Shammedov M.N., Ishangulyyev P.M., 2024. [Principles for optimizing the irrigation regime of agricultural crops, taking into account the groundwater table and salinity]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya*, no. 1(92), pp. 160-174, available: https://www.rosniipm-sm1.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec277-field12.pdf [accessed 30.08.2024], EDN: ZCHGRL. (In Russian).

7. 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).

8. Shammedov M.N., Khojadurdyev Kh., 2024. *Osnovnye rezul'taty nauchno-issledovatel'skikh rabot po kapel'nomu orosheniyu i dozhddevaniyu* [Main results of scientific research on drip irrigation and sprinkling]. *Aktual'nye problemy bioraznoobraziya i biotekhnologii: materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Current Problems of Biodiversity and Biotechnology: Proc. of the III International Scientific and Practical Conference]. Astrakhan, Astrakhan State University, pp. 246-248, EDN: FRVNZQ. (In Russian).

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

10. Kontorovich I.I., 2020. *Meliorativnoe sostoyanie oroshaemykh zemel' v Volgogradsk-*

koy oblasti [Reclamation state of irrigated lands in Volgograd region]. *Optimizatsiya sel'sko-khozyaystvennogo 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).

11. Rakhimbaev F.M., 1963. *Rezhim gruntovykh vod, zasolyayushchikh pochvu v Yuzhnom Khorezme* [Regime of groundwater salinizing soils in Southern Khorezm]. *Vliyanie orosheniya na vtorichnoe zasolenie, khimicheskiy sostav i rezhim podzemnykh vod: sb. dokl. Tashkent. mezhdunarodnogo gidrogeol. simpoziuma* [Influence of Irrigation on Secondary Salinization, Chemical Composition and Regime of Groundwater: Abstracts of Tashkent International Hydrogeological Symposium]. Moscow, Nauka Publ., pp. 166-171. (In Russian).

Информация об авторе

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

Information about the author

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

Автор несет ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.
The author is responsible for violation of scientific publication ethics.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 28.08.2024; одобрена после рецензирования 02.10.2024; принята к публикации 15.10.2024.
The article was submitted 28.08.2024; approved after reviewing 02.10.2024; accepted for publication 15.10.2024.