

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.412:631.445.4:631.67.03

doi: 10.31774/2712-9357-2024-14-2-139-155

Комплексная оценка состава и свойств чернозема южного мицеллярно-карбонатного, орошаемого ограниченно пригодными водами

Наталья Евгеньевна Волкова¹, Светлана Владимировна Подовалова²,
Айше Музафаровна Джапарова³

^{1, 2, 3} Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь,
Российская Федерация

¹volkova_n@niishk.site, <https://orcid.org/0000-0002-3146-652X>

²podovalovas@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2823-797X>

³dja-ajj@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2671-7021>

Аннотация. **Цель:** провести комплексную оценку состава и свойств чернозема южного мицеллярно-карбонатного, орошаемого ограниченно пригодными водами. **Материалы и методы.** Исследования проводились на территории пилотного участка, расположенного в Сакском районе Республики Крым недалеко от с. Червоное. В ходе выполнения работ анализировалось состояние водных ресурсов, используемых для полива, и почвы. Оценка пригодности воды для целей орошения проводилась на основе почвенно-мелиоративной классификации. Анализ почвенных условий включал в себя определение: объемной плотности и плотности твердой фазы, гранулометрического состава, pH, расширенного солевого состава водной вытяжки. При определении агрофизических свойств почвы использовались следующие методы: пикнометрический, высушивания до постоянной массы, режущего кольца, ситовой с промывкой водой, пипеточный. **Результаты.** Пахотный слой был идентифицирован как уплотненный с удовлетворительной пористостью. Обеспеченность элементами питания в основном характеризовалась как средняя и высокая, только по нитратному азоту в 2022 г. было зафиксировано низкое содержание (0,3–0,7 мг/100 г почвы). Несмотря на использование для целей орошения ограниченно пригодных вод, не было зафиксировано накопления водорастворимых солей в метровом слое почвы. На конец поливного периода 2023 г. почвы были отнесены к незасоленным, а по гранулометрическому составу в зависимости от глубины – к среднесуглинистым, тяжелосуглинистым и легкоглинистым. **Выводы.** Несмотря на то, что в период с 2022 по 2023 г. проведение поливов водами минерализацией около 1,5 г/л не привело к накоплению водорастворимых солей в почве пилотного участка, рекомендуется организовать регулярные наблюдения за ее солевым режимом. Это обосновано тем, что в более засушливые годы выпадающих осадков может быть недостаточно для вымывания поступающих за вегетационный период с поливной водой солей в нижерасположенные горизонты.

Ключевые слова: орошение, качество воды, почва, обеспеченность элементами питания, солевой режим, гранулометрический состав

Сведения о научно-исследовательской работе, по результатам которой публикуется статья: исследование было проведено в рамках государственной темы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, рег. номер: FNZW-2022-0002.

Для цитирования: Волкова Н. Е., Подовалова С. В., Джапарова А. М. Комплексная оценка состава и свойств чернозема южного мицеллярно-карбонатного, оро-

шаемого ограниченно пригодными водами // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 2. С. 139–155. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-2-139-155>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Comprehensive assessment of the southern micellar-carbonate chernozem content and properties irrigated with limitedly available water

Natalya E. Volkova¹, Svetlana V. Podovalova², Ayshe M. Dzhaparova³

^{1, 2, 3}Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

¹volkova_n@niishk.site, <https://orcid.org/0000-0002-3146-652X>

²podovalovas@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2823-797X>

³dja-ajj@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2671-7021>

Abstract. Purpose: to take a comprehensive assessment of southern micellar-carbonate chernozem content and properties, irrigated with limitedly available water. **Materials and methods.** The research was carried out on the territory of a pilot site located in the Saki region of the Republic of Crimea near the village Chervonoye. During the work, the state of water resources used for irrigation and the soil were analyzed. The assessment of water suitability for irrigation was carried out on the basis of soil reclamation classification. The analysis of soil conditions included the determination of: bulk density and solid phase density, granulometric content, particle size distribution, pH, expanded salt content of the. When determining the agro-physical properties of the soil water extract, the following methods were used: pycnometric, drying to constant weight, cutting ring, sieve with water washing, pipette. **Results.** The topsoil layer was identified as compacted with satisfactory porosity. The nutrient supply was mainly characterized as medium and high, only low content was recorded in 2022 for nitrate nitrogen (0.3–0.7 mg/100 g of soil). Despite the use of limitedly suitable water for irrigation, no water-soluble salt accumulation was recorded in a meter layer of soil. At the end of the irrigation period in 2023, the soils were classified as non-saline, and according to their granulometric texture depending on the depth – as medium loamy, heavy loamy and light clayey. **Conclusions.** Despite the fact that in the period from 2022 to 2023, irrigation with water with a mineralization of about 1.5 g/l did not lead to the accumulation of water-soluble salts in the soil of the pilot site, it is recommended to organize regular observations of its salt regime. This is justified by the fact that in drier years the precipitation may not be enough to wash out the salts arriving during the growing season with irrigation water into the underlying horizons.

Keywords: irrigation, water quality, soil, fertilizer element supply, salt regime, granulometric texture

Information about the research work, on results of which the article is published: the research was conducted within the framework of the state theme of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, reg. number: FNZW-2022-0002.

For citation: Volkova N. E., Podovalova S. V., Dzhaparova A. M. Comprehensive assessment of the southern micellar-carbonate chernozem content and properties irrigated with limitedly available water. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024;14(2):139–155. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-2-139-155>.

Введение. Большая часть сельскохозяйственных угодий Республики Крым располагается в засушливой степной зоне полуострова. Для обеспе-

чения устойчивого развития агропромышленного комплекса на данной территории необходимо ведение орошения. Ранее данные земли поливались за счет днепровской воды, подаваемой по системе Северо-Крымского канала. Перекрытие данного гидротехнического сооружения в 2014 г. и разрушение плотины Каховского водохранилища в 2023 г. способствовали усилению дефицита водных ресурсов в степной зоне Крыма, снижению эффективности сельскохозяйственной деятельности, а в ряде случаев постепенному восстановлению естественной засоленности агроэкосистем. Для решения данных проблем начали более интенсивно использовать подземные воды. Для этих целей за последние 5 лет было введено в эксплуатацию более 100 скважин. Интенсивное использование подземных вод, особенно в засушливые годы, привело к ухудшению их качества. В результате по ряду хозяйств для целей орошения стали использоваться ограниченно пригодные подземные воды, характеризующиеся минерализацией более 1 г/л и соотношением катионов натрия и кальция более 1 [1].

Согласно результатам исследований отечественных и зарубежных ученых, применение для полива водных ресурсов такого качества влечет за собой изменение состава и свойств почвы, что в свою очередь влияет на их плодородие. В ходе проведенных ранее в данном направлении работ фиксировалось накопление водорастворимых солей, изменение химизма водной вытяжки, повышение доли натрия в почвенно-поглощающем комплексе (ППК), увеличение плотности сложения, снижение содержания водопрочных агрегатов и многое другое [2–16]. При этом негативные последствия отмечались не по одному, а по ряду показателей. Например, О. Ю. Шалашовой, И. П. Рубцовым было установлено, что орошение водами сульфатно-натриевого состава минерализацией 1,3–1,7 г/л привело к увеличению сухого остатка в почвенной вытяжке, изменению соотношения преобладающих солей. Химизм трансформировался из сульфатного в хлоридно-сульфатный. Иссле-

дователями также было зафиксировано развитие осолонцевания. Содержание натрия в ППК увеличилось более чем в 2 раза. Почва перешла из категории несолонцеватой в слабосолонцеватую или солонцеватую [2].

Вид и уровень негативного воздействия орошения ограниченно пригодными водами на агроценозы обуславливаются сочетанием ряда факторов, включающих: климатические и почвенные условия; объемы, состав применяемых водных ресурсов и способ их распределения по полю; реализуемые агрономические приемы и многое другое. Чтобы предупредить необратимые деградационные преобразования, обусловленные данной антропогенной деятельностью, необходимо проведение мониторинга состояния почвы.

Исходя из вышеизложенного, была сформулирована цель данной работы: провести комплексную оценку состава и свойств чернозема южного мицеллярно-карбонатного, орошаемого ограниченно пригодными водами.

Материалы и методы. Исследование проводилось в 2022–2023 гг. на примере пилотного участка, расположенного на территории Сакского района Республики Крым (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема расположения пилотного участка
Figure 1 – Layout of the pilot site

В качестве источника поливной воды выступала скважина, от которой шло наполнение небольшого водоаккумулирующего сооружения.

В ходе выполнения исследовательских работ были проведены:

- определение химического состава используемых водных ресурсов и оценка их пригодности для целей орошения;
- установление основных агрофизических свойств чернозема южного мицеллярно-карбонатного (плотности сложения, плотности твердой фазы, гигроскопической влажности, общей пористости, степени аэрации);
- оценка и анализ содержания в почве питательных веществ;
- изучение влияния орошения ограниченно пригодными водами на содержание водорастворимых солей в черноземе южном мицеллярно-карбонатном;
- определение гранулометрического состава почв.

Оценка пригодности воды проводилась на основе почвенно-мелиоративной классификации, предложенной С. Я. Бездниной [17].

При определении свойств почвы пилотного участка были использованы следующие методы: пикнометрический (плотность твердой фазы), режущего кольца (плотность сложения), высушивания до постоянной массы (гигроскопическая влажность)¹, ситовой с промывкой водой и пипеточный (гранулометрический состав)².

Общая пористость, степень аэрации устанавливались расчетным методом в соответствии с ГОСТ Р 53380-2009 «Почвы и грунты. Грунты тепличные. Технические условия»³.

Определение солевого состава воды и водной вытяжки осуществлялось в сертифицированной лаборатории ФГБУН «НИИСХ Крыма».

¹ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. Введ. 2016-04-01. М.: Стандартинформ, 2016. 23 с.

²ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Введ. 2015-07-01. М.: Стандартинформ, 2015. 22 с.

³ГОСТ Р 53380-2009. Почвы и грунты. Грунты тепличные. Технические условия. Введ. 2010-07-01. М.: Стандартинформ, 2020. 19 с.

Результаты и обсуждение. Для полива пилотного участка используются слабоминерализованные подземные воды. Ниже в таблице 1 приведены результаты химического анализа проб, отобранных соответственно 29.06.2022 и 11.06.2023, а в таблице 2 – результаты комплексной оценки пригодности воды для целей орошения.

Таблица 1 – Результаты химических анализов проб оросительной воды в 2022–2023 гг.

Table 1 – Results of chemical analyzes of irrigation water samples in 2022–2023

Показатель	Значение показателя		Предельно допустимая концентрация (ПДК) ⁴
	29 июня 2022 г.	11 июня 2023 г.	
pH	7,1	7,2	6,0–9,0
EC, mmS	2,2	2,1	не нормируется
Анионы, мг/дм ³			
HCO ₃ ⁻	251,0	262,3	не нормируется
SO ₄ ²⁻	454,9	450,9	500
Cl ⁻	284,0	259,2	350
Катионы, мг/дм ³			
Ca ²⁺	218,0	210,0	не нормируется
Mg ²⁺	31,6	20,7	50
K ⁺	не определялся	2,0	не нормируется
Na ⁺	184,0	167,9	200
Металлы, мг/дм ³			
Pb	< 0,0040	< 0,0040	0,0100
Cu	< 0,0020	< 0,0020	1,0000
Cd	< 0,0005	< 0,0005	0,0010
Zn	0,0420	0,0170	5,0000
Fe	0,0540	0,0200	0,3000

В основном за период обследования (2022–2023 гг.) не было зафиксировано существенных изменений в химическом составе оросительной воды. Только по показателям содержания цинка и железа отмечается снижение концентраций в 2,5 и 2,7 раза соответственно.

⁴Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Электронный ресурс]: Постановление Гл. гос. санитар. врача Рос. Федерации от 28 янв. 2021 г. № 2 (с изм. на 30 дек. 2022 г.). Доступ из справ. правовой системы «Гарант».

Таблица 2 – Результаты комплексной оценки пригодности воды для целей орошения по почвенно-мелиоративной классификации С. Я. Бездниной [17]

Table 2 – Results of a comprehensive assessment of water suitability for irrigation according to S. Ya. Bezdina soil reclamation classification [17]

Вид негативного воздействия	Класс пригодности воды	
	2022 г.	2023 г.
Засоление:		
- общее	IV	IV
- хлоридное	III	III
Осолонцевание:		
- натриевое	II	II
- магниевое	I	I
Содообразование	I	I

По итогам обследования вода была классифицирована как хлоридно-сульфатная, кальциево-натриевая. Согласно приведенным в таблице 2 результатам комплексной оценки на поливном участке высока вероятность развития общего и хлоридного засоления.

Рассмотрим фактическую ситуацию, на формирование которой повлияло орошение ограничено пригодными водами. Почва пилотного участка представлена черноземом южным мицеллярно-карбонатным. Для него характерен среднемошный гумусовый профиль (мощность горизонтов А + В составляет около 58–60 см). Гумусовый слой имеет темно-серую с каштановым оттенком окраску, а горизонт В – буровато-серую. Включения белоглазки просматриваются с глубины 60 см (рисунок 2). Вскипание от HCl отмечается с поверхности почвы.

Ниже в таблице 3 представлены результаты определения основных агрофизических показателей почвы. По классификации, предложенной Н. А. Качинским, пахотный слой был идентифицирован как уплотненный с удовлетворительной пористостью.

На момент обследования, проведенного в 2022 г., обеспеченность верхнего слоя почвы пилотного участка доступными для растений формами фосфора по полю в основном колебалась от повышенной до очень

высокой (2,9–8,6 мг/100 г почвы), азота – от очень низкой до низкой (0,3–0,7 мг/100 г почвы), а обеспеченность калием классифицировалась как средняя (28,1–42,7 мг/100 г почвы). Количество питательных веществ с глубиной постепенно уменьшалось.



**Рисунок 2 – Почвенный профиль пилотного участка
(автор фото Н. Г. Бойко)**

Figure 2 – Soil profile of the pilot site (photo by N. G. Boyko)

Таблица 3 – Основные агрофизические свойства почвы пилотного участка, расположенного в Сакском районе

Table 3 – Basic agrophysical soil properties of the pilot site located in the Saki region

Глубина отбора образца, см	Плотность сложения, г/см ³	Плотность твердой фазы, г/см ³	Общая пористость, %	Гигроскопическая влажность, %	Степень аэрации, %
0–20	1,20	2,65	54,85	5,05	48,85
20–40	1,25	2,66	53,15	5,00	46,90
40–60	1,34	2,77	51,60	4,73	45,25
60–80	1,42	2,79	49,15	4,60	42,65
80–100	1,46	2,78	47,45	4,60	40,70

В 2023 г. была зафиксирована более благоприятная обстановка. Обеспеченность доступными для растений формами фосфора была классифицирована как очень высокая, а азота и калия – как высокая.

Осредненные по пилотному участку данные о содержании питательных элементов в почве в 2022 и 2023 гг. приведены на рисунке 3.

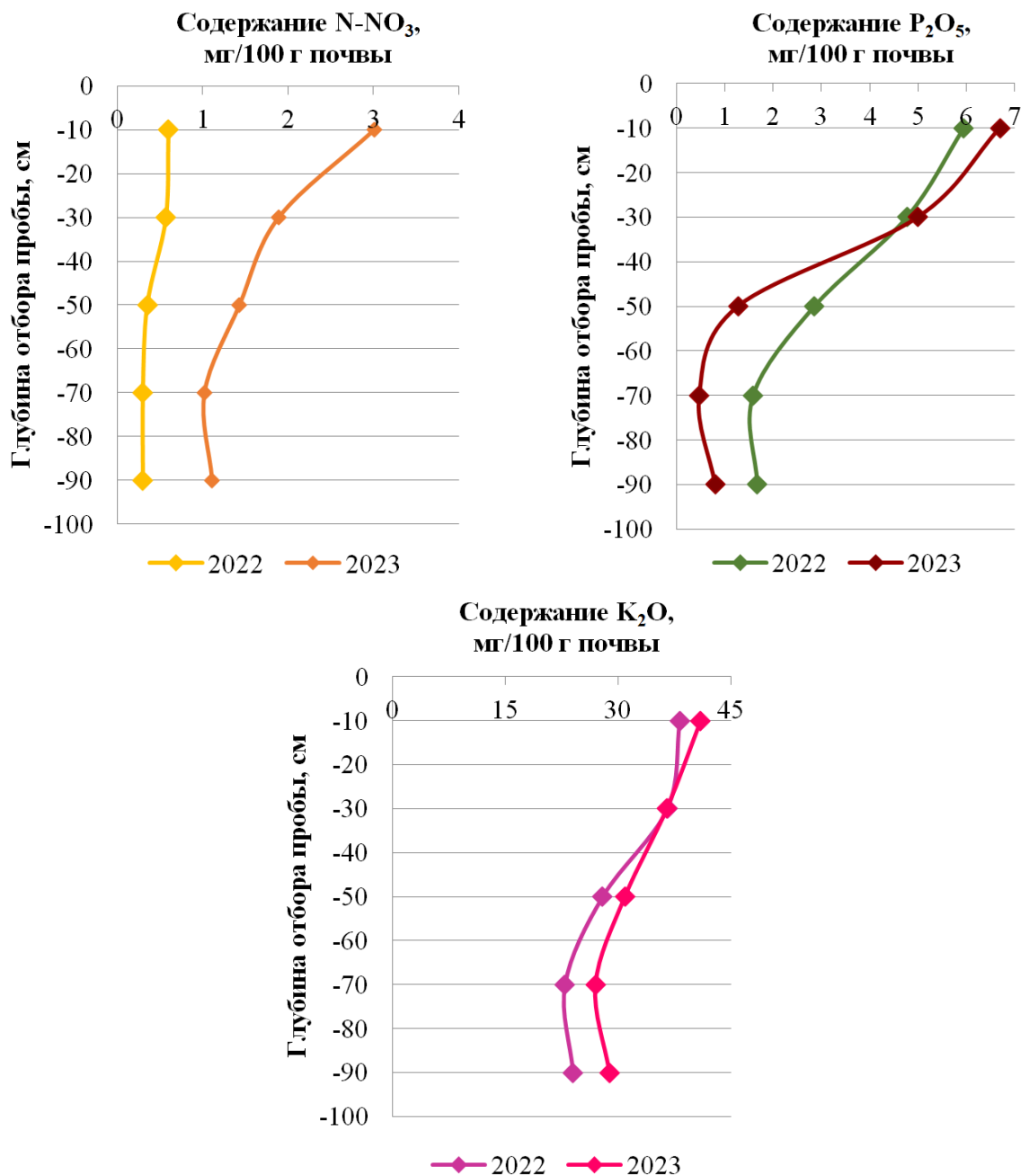


Рисунок 3 – Обеспеченность почвы пилотного участка элементами питания

Figure 3 – Soil supply with fertilizer elements in the pilot site

Несмотря на использование для целей орошения ограниченно пригодных вод, наблюдения за солевым составом почвы не показали развития общего и хлоридного засоления. В таблицах 4 и 5 представлены результаты оценки анионно-катионного состава водной вытяжки чернозема южного мицеллярно-карбонатного, а в таблице 6 – статистический анализ данных о содержании общих и токсичных солей за 2022 и 2023 гг.

Таблица 4 – Осредненные данные о солевом составе почвы пилотного участка в 2023 г.

Table 4 – Averaged data on the soil salt content of the pilot site in 2023

Глубина отбора образцов, см	pH, ед.	Содержание, мг-экв/100 г почвы						
		HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
0–20	8,0	0,90	0,21	0,11	0,76	0,16	0,11	0,43
20–40	8,0	0,97	0,27	0,20	0,85	0,23	0,20	0,39
40–60	8,0	0,93	0,32	0,20	0,91	0,30	0,20	0,33
60–80	8,1	0,90	0,38	0,18	0,93	0,33	0,18	0,29
80–100	8,2	0,87	0,48	0,22	0,83	0,40	0,22	0,31

Таблица 5 – Изменение осредненного по участку общего содержания солей и содержания токсичных солей в 2022–2023 гг.

Table 5 – Change in the site-averaged total salt content and toxic salt content in 2022–2023

Глубина отбора образцов, см	Общее содержание солей, %		Содержание токсичных солей, %	
	9 сентября 2022 г.	11 июня 2023 г.	9 сентября 2022 г.	11 июня 2023 г.
0–20	0,12	0,11	0,07	0,05
20–40	0,12	0,12	0,07	0,05
40–60	0,12	0,12	0,06	0,05
60–80	0,12	0,12	0,06	0,04
80–100	0,13	0,12	0,07	0,05

Таблица 6 – Результаты статистической обработки данных об общем содержании солей и содержании токсичных солей в метровом слое почвы пилотного участка в 2022–2023 гг.

Table 6 – Results of statistical data processing on the total salt content and the content of toxic salts in the meter layer of soil at the pilot site in 2022–2023

Показатель	Общее содержание солей, %		Содержание токсичных солей, %	
	9 сентября 2022 г.	11 июня 2023 г.	9 сентября 2022 г.	11 июня 2023 г.
Среднее арифметическое	0,122	0,118	0,066	0,048
Максимальное	0,130	0,120	0,070	0,050
Минимальное	0,120	0,110	0,060	0,040
Квадратическое отклонение	0,004	0,004	0,004	0,004
Стандартная ошибка	0,002	0,002	0,002	0,002
Средняя ошибка разности	1,318		5,931	
Граничное значение при 5 % уровне значимости	2,310		2,310	

Из анализа данных таблиц 5 и 6 видно, что в 2023 г. было зафиксировано существенное по сравнению с 2022 г. сокращение содержания ток-

сичных солей в почве. Согласно результатам статистической обработки, величина модуля средней ошибки разности, составившая 5,93, больше граничного значения при 5 % уровне значимости, равного 2,31.

Наиболее вероятной причиной этого может выступать значительное количество осадков, выпавших с 01.10.2022 по 01.06.2023 – 305 мм (рассчитано на основе климатических данных⁵), что превысило среднемноголетнее значение за данный период в 1,2 раза⁶. Детальная информация о количестве осадков за 2022 и 2023 гг. приведена на рисунке 4.

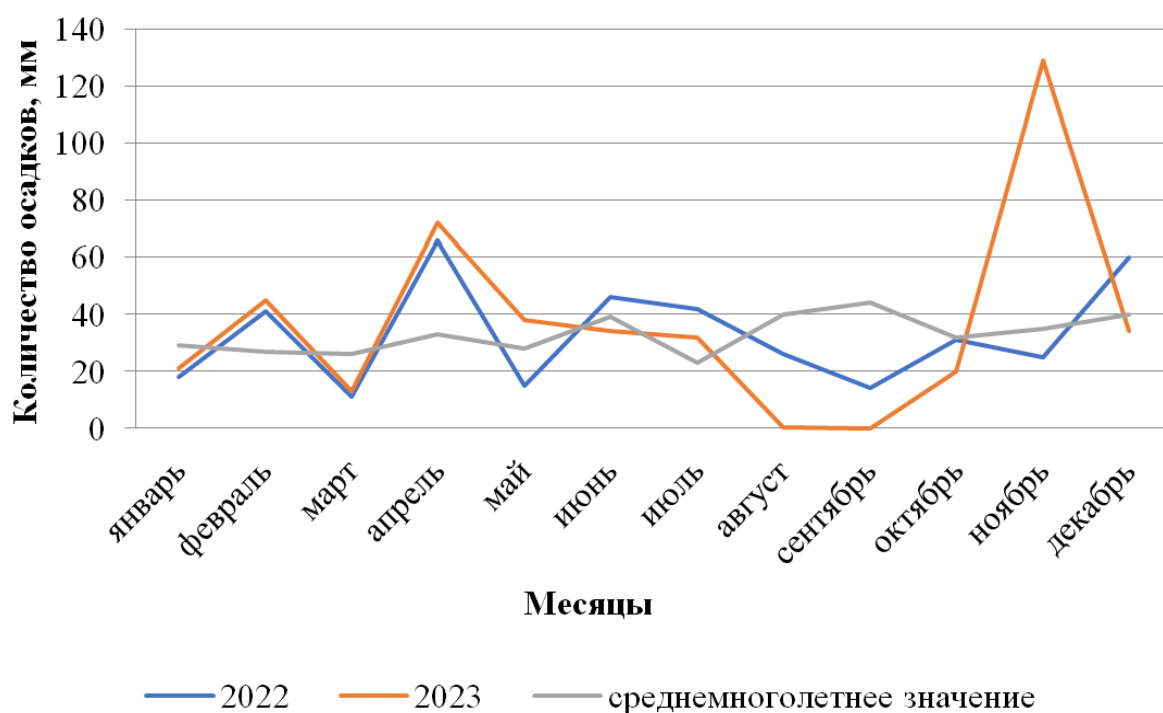


Рисунок 4 – Распределение выпавших осадков по месяцам
Figure 4 – Precipitation distribution by month

На конец поливного сезона 2023 г. почвы пилотного участка по всей глубине обследования были классифицированы как незасоленные. В целом использование ограниченно пригодных вод на протяжении двух лет обследования не привело к интенсивному развитию процесса засоления. Вели-

⁵Архив погоды в Евпатории [Электронный ресурс]. URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Евпатории (дата обращения: 15.03.2024).

⁶Агрокліматичний довідник по АР Крим (1986–2005 рр.). Сімферополь: Таврида, 2011. 344 с.

чина сухого остатка, в 2022–2023 гг. находившаяся в пределах 0,06–0,13 %, не превысила справочных величин, характерных для данного типа почвы (не более 0,12–0,26 %)⁷.

Ниже в таблицах 7–9 приведены результаты оценки механического состава почвы.

Таблица 7 – Гранулометрический состав почвы, определенный ситовым методом с промывкой водой

В %

Table 7 – Granulometric soil texture determined by sieve analysis method with water washing

In %

Диаметр фракций, мм	Гранулометрический состав на глубине отбора образцов				
	0–20 см	20–40 см	40–60 см	60–80 см	80–100 см
10–5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5–2	0,53	0,14	0,27	0,18	0,09
2–1	0,38	0,34	0,23	0,24	0,19
1–0,5	0,33	0,26	0,20	0,18	0,18
0,5–0,25	1,05	0,76	0,58	0,54	0,54
0,25–0,1	2,29	1,82	1,32	1,23	1,26
< 0,1	95,42	96,69	97,40	97,62	97,74

Таблица 8 – Гранулометрический состав почвы, определенный пипеточным методом

В %

Table 8 – Granulometric soil texture determined by the pipette method

In %

Слой почвы, см	Содержание гранулометрических фракций							
	ил	мелкая пыль	средняя пыль	крупная пыль	песок мелкий	песок средний	песок крупный	гравий
0–20	8,14	19,44	14,14	37,11	17,29	0,97	0,34	2,57
20–40	11,32	23,34	14,36	40,32	9,12	0,77	0,29	0,48
40–60	15,64	24,50	14,67	36,82	6,87	0,60	0,19	0,71
60–80	16,25	31,66	12,91	33,88	4,19	0,60	0,21	0,30
80–100	15,85	29,47	15,85	34,90	3,20	0,47	0,15	0,11

⁷Половицкий И. Я., Гусев П. Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия: справ. изд. Симферополь: Таврия, 1987. 152 с.

Таблица 9 – Классификация почв по гранулометрическому составу
Table 9 – Classification of soils by granulometric texture

Глубина отбора образца, см	Содержание, %		Основное название почвы по гранулометрическому составу
	физического песка	физической глины	
0–20	58,28	41,72	суглинок средний мелкокрупнопылеватый
20–40	50,98	49,02	суглинок тяжелый мелкокрупнопылеватый
40–60	45,19	54,81	суглинок тяжелый мелкокрупнопылеватый
60–80	39,18	60,82	глина легкая мелкокрупнопылеватая
80–100	38,83	61,17	глина легкая мелкокрупнопылеватая

Согласно результатам оценки гранулометрического состава, почва была идентифицирована как некаменистая, так как содержание частиц размером более 3 мм не превысило 5 %. Содержание физической глины в зависимости от глубины отбора почвенных образцов варьировало от 41,7 до 61,2 %. В соответствии с классификацией, предложенной Н. А. Качинским, почва была идентифицирована следующим образом: суглинок средний (0–20 см), суглинок тяжелый (20–60 см), глина легкая (60–100 см).

Согласно справочным данным, механический состав чернозема южного мицеллярно-карбонатного преимущественно легкоглинистый⁷. Наиболее вероятной причиной полученного несоответствия по слою почвы 0–60 см является ведение длительного орошения (более 10 лет), способствующего вымыванию илистых частиц в нижерасположенные горизонты.

Выводы. На основе проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

- пахотный слой был идентифицирован как уплотненный с удовлетворительной пористостью; обеспеченность элементами питания в основном характеризовалась как средняя и высокая; по содержанию водорастворимых солей почвы были отнесены к незасоленным, а по гранулометрическому составу в зависимости от глубины – к средне-, тяжелосуглинистым и легкоглинистым;

- хотя в период с 2022 по 2023 г. не было зафиксировано накопления

водорастворимых солей в почве пилотного участка, представленной черноземом южным мицеллярно-карбонатным и орошаемой водами минерализацией около 1,5 г/л, рекомендуется организовать регулярный мониторинг ее солевого режима. Это обосновано тем, что в более засушливые годы выпадающих осадков может быть недостаточно для вымывания поступающих за вегетационный период с поливной водой солей в нижерасположенные горизонты.

Список источников

1. Обоснование выбора источника оросительной воды в степной зоне Крыма / Н. Е. Волкова, С. В. Подовалова, Ю. А. Юнчик, А. А. Манжос // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 2. С. 75–93. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1356> (дата обращения: 15.03.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-75-93. EDN: XCSXZE.
2. Шалашова О. Ю., Рубцов И. П. Трансформация чернозема обыкновенного при длительном орошении слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2022. Т. 12, № 3. С. 1–14. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1289> (дата обращения: 15.03.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-1-14. EDN: WEGGOF.
3. Шалашова О. Ю., Пятницына Е. В., Рубцов И. П. Роль севооборотов в поддержании агрофизических свойств черноземов, орошаемых слабоминерализованной водой // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2023. Т. 13, № 1. С. 150–164. URL: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1346> (дата обращения: 15.03.2024). DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-150-164. EDN: XCUHMQ.
4. Орошение кормовых культур слабоминерализованной водой из артезианских скважин в Северо-Западном Прикаспии / Г. П. Гасанов, М. Р. Мусафаев, К. М. Гаджиев, Р. З. Усманов, А. А. Магомедова // Известия Дагестанского ГАУ. 2023. № 3(19). С. 7–11. DOI: 10.52671/26867591_2023_3_7. EDN: MCIMLX.
5. Изучение режима орошения хлопчатника в условиях гидроморфных почв / С. Х. Зокирова, Ш. М. Халматова, М. Т. Абдуллаева, Н. М. Хаджибалаева // Universum: химия и биология. 2020. № 2(68). С. 12–15. EDN: VYAQWA.
6. Васильченко Н. И., Звягин Г. А., Юманкулов Р. В. Изменение водно-физических свойств черноземов обыкновенных Северного Казахстана при орошении // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1. С. 13–20. EDN: KTXOAD.
7. Джуманазарова А. Т., Генжемуратов А. С. Использование минерализованных грунтовых вод при поливе сельскохозяйственных культур на засоленных землях // Евразийское научное объединение. 2020. № 6-6(64). С. 492–494. EDN: WMWAOC.
8. Юлдашев Г. Ю., Дармонов Д. Е. Влияние поливов минерализованными водами на солевой баланс орошаемых луговых сазовых почв // Научное обозрение. Биологические науки. 2020. № 1. С. 26–30. EDN: TAUZHN.
9. Копытовский В. В. Влияние агромелиоративных мероприятий на плотность и водоотдачу дерново-подзолистой почвы при орошении животноводческими стоками // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 1. С. 27–32. EDN: ZLPDCO.
10. Оруджева Р. Н., Мустафаева М. Г., Гурбанова З. Р. Оценка влияния ороше-

ния на экологическое состояние серо-коричневых почв Гянджа-Казахского массива // Природные системы и ресурсы. 2022. Т. 12, № 2. С. 29–35. DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.4. EDN: TSPVOU.

11. Оценка солевого состава чернозема обыкновенного после полива сточными водами различного качества в лабораторных условиях / Л. А. Митяева, М. А. Ляшков, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 3(75). С. 106–110. EDN: CFHCTL.

12. Evaluating soil salt dynamics in a field drip-irrigated with brackish water and leached with freshwater during different crop growth stages / Y. Zhang, X. Li, J. Simunek, H. Shi, N. Chen, Q. Hu, T. Tian // Agricultural Water Management. 2021. Vol. 244. № 106601. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106601. EDN: CJVSXM.

13. Effects of saline water mulched drip irrigation on cotton yield and soil quality in the North China Plain / H. Wang, D. Feng, A. Zhang, C. Zheng, K. Li, S. Ning, J. Zhang, C. Sun // Agricultural Water Management. 2022. Vol. 262. № 107405. DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107405. EDN: KMCGBW.

14. Effect of a 10-year irrigation with saline water on soil physic-chemical properties and cotton production / A. Zhang, K. Li, J. Sun, A. E. Rahma, G. Wang, J. Zhang, D. Feng // Journal of Soil and Water Conservation. 2020. Vol. 75, iss. 5. P. 629–639. DOI: 10.2489/jswc.2020.00063. EDN: OLULRO.

15. Impact of long-term recycled water irrigation on crop yield and soil chemical properties / V. Phogat, D. Mallants, J. W. Cox, J. Simunek, D. P. Oliver, T. Pitt, P. R. Petrie // Agricultural Water Management. 2020. Vol. 237. № 106167. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106167.

16. Sheferia B., Alem M., Seid A. Effects of saline water and irrigation interval on soil physicochemical properties // Advances in Applied Science Research. 2021. Vol. 12, № 10. 13.

17. Безднина С. Я. Научные основы оценки качества воды для орошения: монография. Рязань: РГТУ; Мещ. науч.-техн. центр, 2013. 171 с.

References

1. Volkova N.E., Podovalova S.V., Yunchik Yu.A., Manzhos A.A., 2023. [Justification for choosing irrigation water source in the steppe zone of Crimea]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 2, pp. 75-93, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1356> [accessed 15.03.2024], DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-2-75-93, EDN: XCSXZE. (In Russian).

2. Shalashova O.Yu., Rubtsov I.P., 2022. [Transformation of ordinary chernozem during long-term irrigation with low-mineralized sulfate-sodium water]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 12, no. 3, pp. 1-14, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1289> [accessed 15.03.2024], DOI: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-1-14, EDN: WEGGOF. (In Russian).

3. Shalashova O.Yu., Pyatnitsyna E.V., Rubtsov I.P., 2023. [The role of crop rotation in maintaining agrophysical properties of chernozems irrigated with low-mineralized water]. *Melioratsiya i gidrotekhnika*, vol. 13, no. 1, pp. 150-164, available: <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1346> [accessed 15.03.2024], DOI: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-150-164, EDN: XCUHMQ. (In Russian).

4. Gasanov G.P., Musafaev M.R., Gadzhiev K.M., Usmanov R.Z., Magomedova A.A., 2023. *Oroshenie kormovykh kul'tur slabomineralizovannoy vodoy iz artezijskikh skvazhin v Severo-Zapadnom Prikaspii* [Irrigation of forage crops with low-mineralized water from artesian wells in the North-Western Caspian region]. *Izvestiya Dagestanskogo GAU* [Bull. of Dagestan State Agrarian University], no. 3(19), pp. 7-11, DOI: 10.52671/26867591_2023_3_7, EDN: MCIMLX. (In Russian).

5. Zokirova S.Kh., Khalmatova Sh.M., Abdullaeva M.T., Khadzhibalaeva N.M., 2020. *Izuchenie rezhima orosheniya khlopchatnika v usloviyakh gidromorfnykh pochv* [Study of the irri-

gation regime for cotton under conditions of hydromorphic soils]. *Universum: khimiya i biologiya* [Universum: Chemistry and Biology], no. 2(68), pp. 12-15, EDN: VYAQWA. (In Russian).

6. Vasilchenko N.I., Zvyagin G.A., Yumankulov R.V., 2020. *Izmenenie vodno-fizicheskikh svoystv chernozemov obyknovennykh Severnogo Kazakhstana pri oroshenii* [Changes of water-physical properties of ordinary chernozems of Northern Kazakhstan under irrigation]. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of Kursk State Agricultural Academy], no. 1, pp. 13-20, EDN: KTXOAD. (In Russian).

7. Jumanazarova A.T., Genzhemuratov A.S., 2020. *Ispol'zovanie mineralizovannykh gruntovykh vod pri polive sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na zasolennykh zemlyakh* [Use of mineralized groundwater for irrigating agricultural crops on saline lands]. *Yevraziyskoe nauchnoe ob"edinenie* [Eurasian Scientific Association], no. 6-6(64), pp. 492-494, EDN: WMWAOC. (In Russian).

8. Yuldashev G.Yu., Darmonov D.E., 2020. *Vliyanie polivov mineralizovannymi vodami na solevoy balans oroshaemykh lugovykh sazovykh pochv* [Influence of irrigation with mineralized waters on the salt balance of irrigated meadow saz soils]. *Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki* [Scientific Review. Biological Sciences], no. 1, pp. 26-30, EDN: TAUZH. (In Russian).

9. Kopytovsky V.V., 2020. *Vliyanie agromeliorativnykh meropriyatiy na plotnost' i vodootdachu dervno-podzolistoy pochvy pri oroshenii zhivotnovodcheskimi stokami* [The influence of agroreclamation measures on the density and water yield of sod-podzolic soil when irrigated with livestock waste]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 1, pp. 27-32, EDN: ZLPDCO. (In Russian).

10. Orudzheva R.N., Mustafaeva M.G., Gurbanova Z.R., 2022. *Otsenka vliyaniya orosheniya na ekologicheskoe sostoyanie sero-korichnevyykh pochv Gyandzha-Kazakhskogo massiva* [Assessment of the impact of irrigation on the ecological state of gray-brown soils of the Ganja-Kazakh massif]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], vol. 12, no. 2, pp. 29-35, DOI: 10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.4, EDN: TSPVOU. (In Russian).

11. Mityaeva L.A., Lyashkov M.A., Domashenko Yu.E., Vasiliev S.M., 2019. *Otsenka solevogo sostava chernozema obyknovennogo posle poliva stochnymi vodami razlichnogo kachestva v laboratornykh usloviyakh* [Evaluation of the salt composition of ordinary chernozem after irrigation with wastewater of various qualities in laboratory conditions]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 3(75), pp. 106-110, EDN: CFHCTL. (In Russian).

12. Zhang Y., Li X., Simunek J., Shi H., Chen N., Hu Q., Tian T., 2021. Evaluating soil salt dynamics in a field drip-irrigated with brackish water and leached with freshwater during different crop growth stages. *Agricultural Water Management*, vol. 244, no. 106601, DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106601, EDN: CJVSXM.

13. Wang H., Feng D., Zhang A., Zheng C., Li K., Ning S., Zhang J., Sun C., 2022. Effects of saline water mulched drip irrigation on cotton yield and soil quality in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, vol. 262, no. 107405, DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107405, EDN: KMCGBW.

14. Zhang A., Li K., Sun J., Rahma A.E., Wang G., Zhang J., Feng D., 2020. Effect of a 10-year irrigation with saline water on soil physic-chemical properties and cotton production. *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 75, iss. 5, pp. 629-639, DOI: 10.2489/jswc.2020.00063, EDN: OLULRO.

15. Phogat V., Mallants D., Cox J.W., Simunek J., Oliver D.P., Pitt T., Petrie P.R., 2020. Impact of long-term recycled water irrigation on crop yield and soil chemical properties. *Agricultural Water Management*, vol. 237, no. 106167, DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106167.

16. Sheferia B., Alem M., Seid A., 2021. Effects of saline water and irrigation interval on soil physicochemical properties. *Advances in Applied Science Research*, vol. 12, no. 10, 13.

17. Bezdina S.Ya., 2013. *Nauchnye osnovy otsenki kachestva vody dlya orosheniya: monografiya* [Scientific Basis for Assessing the Quality of Water for Irrigation: monograph]. Ryazan, RGATU Publ., Meshchera Scientific and Technical Center, 171 p. (In Russian).

Информация об авторах

Н. Е. Волкова – старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация, volkova_n@niishk.site, AuthorID: 818451, SCOPUS Author ID: 57211502794, ORCID ID: 0000-0002-3146-652X;

С. В. Подовалова – младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация, podovalovas@list.ru, AuthorID: 848970, SCOPUS Author ID: 57205643683, ORCID ID: 0000-0002-2823-797X;

А. М. Джапарова – младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация, dja-ajj@rambler.ru, AuthorID: 847974, SCOPUS Author ID: 57778856500, ORCID ID: 0000-0002-2671-7021.

Information about the authors

N. E. Volkova – Senior Researcher, Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation, volkova_n@niishk.site, AuthorID: 818451, SCOPUS Author ID: 57211502794, ORCID ID: 0000-0002-3146-652X;

S. V. Podovalova – Junior Researcher, Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation, podovalovas@list.ru, AuthorID: 848970, SCOPUS Author ID: 57205643683, ORCID ID: 0000-0002-2823-797X;

A. M. Dzhaparova – Junior Researcher, Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation, dja-ajj@rambler.ru, AuthorID: 847974, SCOPUS Author ID: 57778856500, ORCID ID: 0000-0002-2671-7021.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

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

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 04.03.2024; одобрена после рецензирования 26.04.2024; принята к публикации 14.05.2024.

The article was submitted 04.03.2024; approved after reviewing 26.04.2024; accepted for publication 14.05.2024.