

РОЛЬ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Научная статья

УДК 631.435:631.445.4:631.67

Оценка гранулометрического состава чернозема южного мицеллярно-карбонатного в условиях орошения

Светлана Владимировна Подовалова¹, Айше Музафаровна Джапарова²,
Наталья Евгеньевна Волкова³

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

¹podovalovas@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2823-797X>

²mtpiv@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2671-7021>

³volkova_n@niishk.site, <https://orcid.org/0000-0002-3146-652X>

Аннотация. **Цель:** оценка гранулометрического состава чернозема южного мицеллярно-карбонатного в условиях орошения ограниченно пригодными водами с использованием различных методов. **Материалы и методы.** Исследования проводились на территории пилотного участка, расположенного в Сакском районе Республики Крым недалеко от с. Червоное, участок орошался подземными водами с минерализацией около 1,5 г/л. Оценка гранулометрического состава осуществлялась на основе двух методов: ареометрического и пипеточного. **Результаты.** Разница в содержании фракций в зависимости от метода определения гранулометрического состава варьировала от 0 до 15,8 %. Установлено, что наибольших значений она достигает на более тяжелых почвах (содержание физической глины более 50 %). Зафиксированные отличия, начиная со слоя 20–40 см, сказались на уточненных названиях почвы. По результатам оценки гранулометрического состава ареометрическим методом в основном отмечается меньшее содержание физической глины в сравнении с пипеточным. Наиболее вероятной причиной полученной разницы является оседание почвенных частиц на ареометр. Из двух способов определения гранулометрического состава в данной работе в качестве основного был выбран пипеточный метод, так как в ходе опыта не было зафиксировано факторов, способных повлиять на достоверность полученного результата. **Выводы:** согласно российской классификации, разработанной Н. А. Качинским, почва в зависимости от глубины была идентифицирована следующим образом: суглинок средний (0–20 см), суглинок тяжелый (20–60 см), глина легкая (60–100 см) с количеством ила от 8,14 до 16,2 %.

Ключевые слова: чернозем южный мицеллярно-карбонатный, гранулометрический состав, пипетка Федулова – Качинского, ареометр, идентификация почвы по механическому составу

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.).

Сведения о научно-исследовательской работе, по результатам которой публикуется статья: работа выполнена в рамках бюджетной тематики № FNZW-2022-0002 «Разработка научных и технологических основ обеспечения экологической безопасности орошения ограничено пригодными водами в условиях существенного дефицита водных ресурсов».

Для цитирования: Подовалова С. В., Джапарова А. М., Волкова Н. Е. Оценка гранулометрического состава чернозема южного мицеллярно-карбонатного в условиях орошения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 92, № 1. С. 18–30.

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

Original article

Assessment of soil texture of micellar-carbonate southern chernozem under irrigation

Svetlana V. Podovalova¹, Ayshe M. Dzhaparova², Natalya E. Volkova³

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

¹podovalovas@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2823-797X>

²mtpiv@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2671-7021>

³volkova_n@niishk.site, <https://orcid.org/0000-0002-3146-652X>

Abstract. Purpose: to assess the granulometric texture of southern micellar-carbonate chernozem under irrigation with partially suitable waters using various methods. **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, the site was irrigated with groundwater with a mineralization of about 1.5 g/l. The granulometric texture was assessed using two methods: hydrometric and pipette. **Results.** The difference in the content of fractions, depending on the method of determining the granulometric texture, varied from 0 to 15.8 %. It has been determined that it reaches its highest values on heavier soils (physical clay content more than 50 %). The recorded differences, starting from a layer of 20–40 cm, affected the refined names of the soil. Based on the results of assessing the granulometric texture with the hydrometric method, a lower content of physical clay is generally noted in comparison with the pipette method. The most likely reason for the difference obtained is the sedimentation of soil particles on the hydrometer. Of the two methods for determining the granulometric texture in this work, the pipette method was chosen as the main one, since during the experiment no factors that could affect the reliability of the result obtained were recorded. **Conclusions:** according to the Russian classification developed by N. A. Kachinsky, the soil, depending on the depth, was identified as follows: medium loam (0–20 cm), heavy loam (20–60 cm), light clay (60–100 cm) with the amount of sludge from 8.14 to 16.2 %.

Keywords: southern micellar-carbonate chernozem, granulometric texture, Fedulov-Kaczynski pipette, hydrometer, soil identification by mechanical composition

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).

Information about the research work, on the results of which the article is published: the work was carried out within the framework of the budget theme no. FNZW-2022-0002 “The development of scientific and technological basis for ensuring the environmental safety of irrigation by partially usable waters under conditions of a significant shortage of water resources”.

For citation: Podovalova S. V., Dzhaparova A. M., Volkova N. E. Assessment of soil texture of micellar-carbonate southern chernozem under irrigation. *Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture*. 2024;92(1):18–30. (In Russ.).

Введение. Черноземы южные мицеллярно-карбонатные являются одним из наиболее распространенных в Республике Крым типов почв. На их долю приходится 23,7 % территории Крымского полуострова (457,3 тыс. га) [1]. Масштабные исследования, посвященные их изучению, включая оценку гранулометрического состава, были проведены В. Ф. Зуевым, И. Я. Половецким, П. Г. Гусевым [1, 2]. Согласно результатам выполненных в 80-х гг. прошлого века работ они в основном были классифицированы как легко- и среднеглинистые [1]. Полученные исследователями справочные данные не всегда соответствуют реальной обстановке, что обусловлено сочетанием ряда факторов, основным среди которых является хозяйственная деятельность человека. Вместе с тем гранулометрический состав – это важный показатель, влияющий на водоудерживающую способность, водопроницаемость почвы и многое другое [3–6]. Его оценка позволяет отследить происходящие изменения, обусловленные сельскохозяйственной деятельностью [6–8], включая проведение поливов ограниченно пригодными водами, используемыми в вододефицитных регионах [9–11], к которым относится и Республика Крым.

Для определения гранулометрического состава в Российской Федерации широко применяются два метода: ареометрический и пипеточный. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

При проведении анализа по определению гранулометрического состава почв с помощью ареометра используется зависимость между размером частиц и скоростью их падения в воде, установленная Д. Г. Стоксом (английский математик и гидродинамик) в 1845 г. [12]. Впервые данный метод был апробирован Г. Дж. Буйюкосом (1925 г.) с помощью разработанного им ареометра [13]. Используемый им алгоритм в дальнейшем претерпел ряд изменений. Например, согласно ГОСТ 12536-79 «Грунты. Методы лабораторного определения зернового (гранулометрического) и микроагрегатного состава» замер плотности суспензии осуществлялся 4 ра-

за (через 1 и 30 мин, 3 и 11 ч), а в нормативном документе, утвержденном в 2014 г., уже 3 раза (через 1 и 30 мин, 11 ч)^{1, 2}. Основным достоинством данного метода является возможность внесения поправки, учитывающей изменение температуры суспензии. К недостаткам относятся: короткий интервал времени между взбалтыванием суспензии и первым измерением (среда не успевает полностью успокоиться, и песчаная фракция учитывается с погрешностью); утяжеление поплавка за счет осаждения на него частиц во время 11-часового отстаивания [14, 15].

Принцип пипеточного метода впервые был предложен В. Г. Глушковым в 1912 г. Именно данный подход был принят как стандартный для определения механического состава почв. Это обосновано тем, что его использование позволяет выделить фракцию размером менее 0,001 мм. Для отборов суспензии, проводимых через определенные промежутки времени, зависящие от плотности почвы и температуры окружающей среды, используется специальная пипетка, конструкция которой была предложена Федуловым, Качинским². Основным недостатком данного метода является необходимость поддержания постоянного температурного режима в ходе лабораторного опыта. Его несоблюдение ведет к ошибкам определяемой величины до 50 %, что в свою очередь обесценивает полученные результаты [14, 15].

Исходя из вышеизложенного, была сформулирована цель данной работы – провести оценку гранулометрического состава чернозема южного мицеллярно-карбонатного в условиях орошения ограниченно пригодными водами с использованием различных методов.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2022 г. на оро-

¹ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения зернового (гранулометрического) и микроагрегатного состава. Введ. 1980-07-01. М.: Изд-во стандартов, 2008. 17 с.

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

шаемом пилотном участке, расположенном на территории Сакского района недалеко от с. Червоное. Его полив осуществлялся подземными водами с минерализацией около 1,5 г/л, которые по результатам анализа химического состава были классифицированы как хлоридно-сульфатные, кальциево-натриевые.

Для оценки гранулометрического состава были пробурены две почвенные скважины на глубину 1 м. Образцы грунта отбирались через каждые 20 см. Гранулометрический состав мелкозема определялся пирофосфатным способом с использованием ареометра (рисунок 1*a*) и пипетки Федулова – Качинского (рисунок 1*b*) по алгоритму, приведенному в ГОСТ 12536-2014².

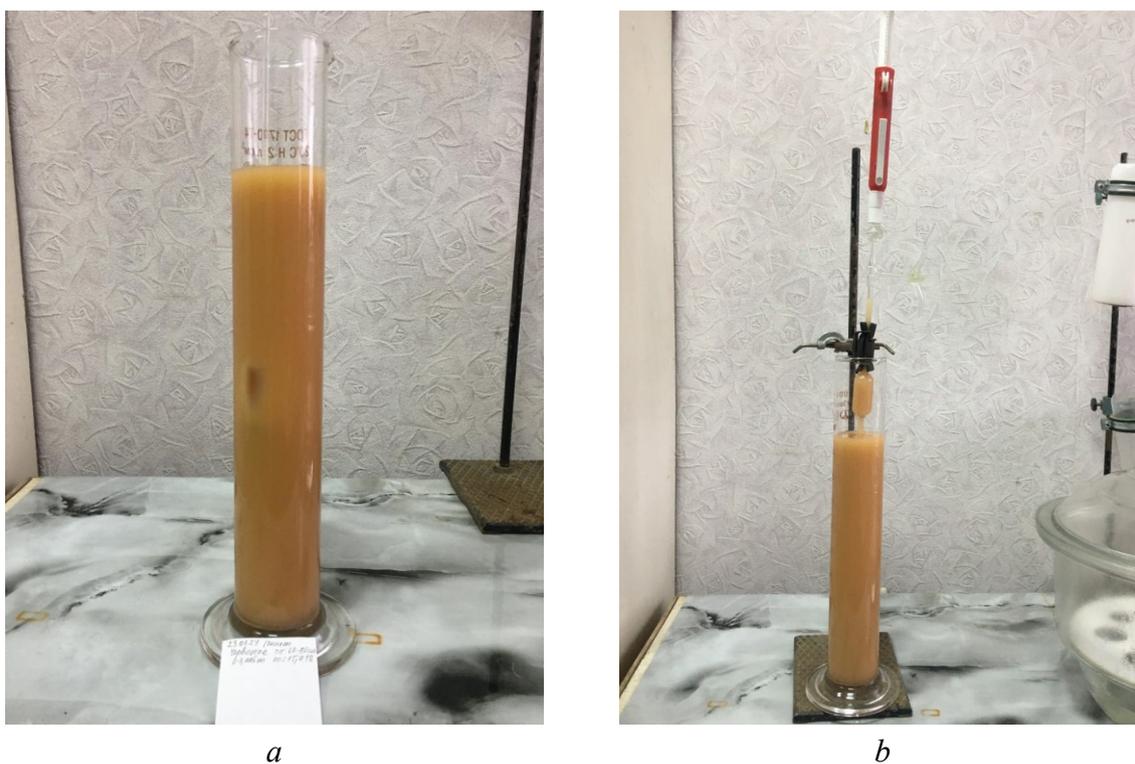


Рисунок 1 – Определение плотности суспензии: *a* – ареометром; *b* – пипеткой Федулова – Качинского (фото А. М. Джапаровой)
Figure 1 – Determination of suspension density: *a* – hydrometer; *b* – Fedulov-Kaczynski pipette (photo by A. M. Dzhaparova)

Лабораторное определение гранулометрического (зернового) состава по каждому методу осуществлялось в двукратной или трехкратной по-

вторности, в зависимости от погрешности между параллельными определениями, которая согласно ГОСТ 12536-2014² не должна быть больше 0,1 %.

Классификация почвы в зависимости от полученного соотношения выраженных в процентах механических элементов осуществлялась в соответствии с РД 52.33.219-2002³.

Результаты исследований и обсуждение. Детальные результаты оценки гранулометрического состава почвенных образцов, полученные ареометрическим и пипеточным методами, приведены в таблице 1.

Из анализа данных таблицы 1 видно, что разница в содержании фракций в зависимости от метода определения гранулометрического состава варьирует от 0 до 15,8 %. При этом наибольших значений она достигает на более тяжелых почвах (содержание физической глины более 50 %). Схожие результаты были получены и другими исследователями. Например, В. Е. Корневской при оценке гранулометрического состава была получена максимальная разница 15 % [15].

Зафиксированные отличия сказались и на уточненных названиях почвы, приведенных в таблице 2.

Начиная со слоя 20–40 см фиксируется различие в названии почвы. По результатам оценки гранулометрического состава ареометрическим методом в основном отмечается меньшее содержание физической глины в сравнении с пипеточным. Так как при проведении лабораторных исследований температура оставалась практически неизменной (максимальное зафиксированное колебание 0,5 °С), наиболее вероятной причиной полученной разницы является оседание почвенных частиц на ареометр (рисунок 2).

³Руководство по определению агрогидрологических свойств почвы: РД 52.33.219-2002: утв. Рук. Росгидромета 13.08.02: введ. в действие с 01.08.04. СПб.: Гидрометеиздат, 2002. 155 с.

Таблица 1 – Гранулометрический состав почв пилотного участка

Table 1 – Soil texture at the pilot site

Глубина отбора, см	Фракция (размер частиц, мм)	Содержание фракций, %		Разница, %
		Ареометр	Пипетка Федулова – Качинского	
1	2	3	4	5
0–20	> 2	0,12	2,37	–2,45
	2–1	0,21	0,21	0
	1–0,5	0,32	0,34	–0,02
	0,5–0,25	1,05	0,97	+0,08
	0,25–0,1	2,30	2,33	–0,03
	0,1–0,05	11,11	14,96	–3,85
	0,05–0,01	35,70	37,10	–1,40
	0,01–0,005	16,30	14,13	+2,17
	0,005–0,002	11,53	12,91	–1,38
менее 0,002	21,36	14,68	+6,68	
20–40	> 2	0,63	0,18	+0,45
	2–1	0,31	0,30	+0,01
	1–0,5	0,26	0,29	–0,03
	0,5–0,25	0,87	0,77	+0,10
	0,25–0,1	1,94	1,76	–0,18
	0,1–0,05	15,16	7,36	+7,80
	0,05–0,01	34,28	40,32	–6,04
	0,01–0,005	16,72	14,36	+2,36
	0,005–0,002	11,71	15,33	+3,62
менее 0,002	18,12	19,33	–1,21	
40–60	> 2	0,38	0,51	–0,13
	2–1	0,31	0,20	+0,11
	1–0,5	0,16	0,19	–0,03
	0,5–0,25	0,57	0,60	–0,03
	0,25–0,1	1,32	1,36	–0,04
	0,1–0,05	21,31	5,51	+15,80

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2	3	4	5
40–60	0,05–0,01	33,85	36,82	–2,97
	0,01–0,005	17,06	14,67	–2,39
	0,005–0,002	9,08	16,47	–7,39
	менее 0,002	15,96	23,67	–7,71
60–80	> 2	0,11	0,09	+0,02
	2–1	0,33	0,20	+0,13
	1–0,5	0,21	0,21	0
	0,5–0,25	0,58	0,60	–0,02
	0,25–0,1	1,33	1,37	–0,04
	0,1–0,05	14,82	2,83	+11,99
	0,05–0,01	32,28	33,88	–1,60
	0,01–0,005	18,88	12,91	+5,97
	0,005–0,002	12,04	21,52	–9,48
	менее 0,002	19,42	26,39	–6,97
80–100	> 2	0	0,02	–0,02
	2–1	0,10	0,08	+0,02
	1–0,5	0,16	0,15	+0,01
	0,5–0,25	0,47	0,47	0
	0,25–0,1	1,22	1,17	+0,05
	0,1–0,05	10,84	2,04	+8,80
	0,05–0,01	33,46	34,90	+1,44
	0,01–0,005	18,37	15,84	+2,53
	0,005–0,002	11,24	19,33	–8,09
	менее 0,002	24,14	26,00	–1,86

**Таблица 2 – Соответствие названий исследуемых почв
по гранулометрии в российской классификации**

**Table 2 – Correspondence of the names of the studied soils according
to granulometry in the Russian classification**

Глубина отбора, см	Сумма частиц менее 0,01 мм, % (физическая глина)		Соответствующее название почвы по российской классификации	
	Ареометр	Пипетка Федулова – Качинского	Ареометр	Пипетка Федулова – Качинского
0–20	43,58	41,72	Суглинок средний	Суглинок средний
20–40	40,68	49,02	Суглинок средний	Суглинок тяжелый
40–60	36,05	54,81	Суглинок средний	Суглинок тяжелый
60–80	44,87	60,82	Суглинок средний	Глина легкая
80–100	48,82	61,17	Суглинок тяжелый	Глина легкая



Рисунок 2 – Внешний вид ареометра после проведения опыта с почвенным образцом, отобранным с глубины 40–60 см (фото Н. Е. Волковой)

Figure 2 – View of the hydrometer after the experiment with a soil sample taken from a depth of 40–60 cm (photo by N. E. Volkova)

Исходя из вышеизложенного, более достоверные результаты были получены пипеточным методом. Кроме того, они более соответствуют справочной информации о данном типе почвы, приведенной в работе И. Я. Половицкого, П. Г. Гусева [1].

Выводы. Из двух способов определения гранулометрического состава в данной работе в качестве основного был выбран пипеточный метод, так как в ходе опыта не было зафиксировано факторов, способных повлиять на достоверность полученного результата.

Согласно российской классификации, разработанной Н. А. Качинским, почва в зависимости от глубины была идентифицирована следующим образом: суглинок средний (0–20 см), суглинок тяжелый (20–60 см), глина легкая (60–100 см) с количеством ила от 8,14 до 16,2 %.

Список источников

1. Половицкий И. Я., Гусев П. Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: Таврия, 1987. 152 с.
2. Лугачева А. Л. Описание Крыма в творчестве В. Ф. Зуева // Научный вестник Крыма [Электронный ресурс]. 2020. № 1(24). С. 1–7. URL: <https://nvk-journal.ru/index.php/NVK/article/view/563> (дата обращения: 10.01.2024).
3. Сравнительный анализ методов определения гранулометрического состава почв Северного Приазовья / В. Э. Болдырева, О. С. Безуглова, А. А. Меженков, Ю. А. Литвинов, И. В. Морозов // АгроЭкоИнфо. 2022. № 1(49). 17. DOI: 10.51419/202121126. EDN: MQOFQO.
4. Бабичев А. Н., Сидаренко М. П. Гранулометрический состав как важный экологический показатель плодородия почв Багаевского района // Экология и водное хозяйство. 2023. Т. 5, № 1. С. 32–44. DOI: 10.31774/2658-7890-2023-5-1-32-44. EDN: JNTAPM.
5. Пути создания классификации почв по гранулометрическому составу на основе метода лазерной дифракции / А. В. Юдина, Д. С. Фомин, И. А. Валдес-Коровкин, Н. А. Чурилин, М. С. Александрова, Ю. А. Головлева, Н. В. Филиппов, И. В. Ковда, А. А. Дымов, Е. Ю. Милановский // Почвоведение. 2020. № 11. С. 1353–1371. DOI: 10.31857/S0032180X20110143. EDN: ICBQKC.
6. Болдырева В. Э., Безуглова О. С., Морозов И. В. Значение систематизации результатов гранулометрического состава по данным регионального почвенного дата-центра в изучении особенностей черноземов обыкновенных Северного Приазовья // АгроЭкоИнфо. 2022. № 2(50). 17. DOI: 10.51419/202122231. EDN: DRJZIT.
7. Иванисова Н. В., Куринская Л. В., Колесников С. И. Профильное изменение гранулометрического состава почв при антропогенизации ландшафтов // АгроЭкоИнфо. 2020. № 4(42). 9. EDN: NAYMJR.
8. Микроагрегатный, гранулометрический и агрегатный состав гумусовых горизонтов зонального ряда почв Европейской России / О. И. Филиппова, В. А. Холодов, Н. А. Сафронова, А. В. Юдина, Н. А. Куликова // Почвоведение. 2019. № 3. С. 335–347. DOI: 10.1134/S0032180X19030031. EDN: VUFCWH.
9. 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.
10. 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.

11. Wu Y., Wang H., Zhu J. Influence of reclaimed water quality on infiltration characteristics of typical subtropical zone soils: a case study in South China // *Sustainability*. 2022. Vol. 14. № 4390. DOI: 10.3390/su14084390. EDN: FDNYOY.

12. Stokes G. G. On the theories of the internal friction of fluids in motion and of the equilibrium and motion of elastic solids // Cambridge Philosophy Society. 1845. Vol. 8. P. 287–319.

13. Bouyoucos G. J. The hydrometer as a new and rapid method for determining the colloidal content soils // *Soil Science*. 1927. Vol. 23, iss. 4. P. 319–330. DOI: 10.1097/00010694-192704000-00005.

14. Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.

15. Качинский Н. А. Физика почв. М.: Высш. шк., 1965. 324 с.

References

1. Polovitsky I.Ya., Gusev P.G., 1987. *Pochvy Kryma i povyshenie ikh plodorodiya* [Soils of the Crimea and the Increase of Their Fertility]. Simferopol, Tavria Publ., 152 p. (In Russian).

2. Lugacheva A.L., 2020. [Description of Crimea in the works of V. F. Zuev]. *Nauchnyy vestnik Kryma* [Scientific Bulletin of Crimea], no. 1(24), pp. 1-7, available: <https://nvk-journal.ru/index.php/NVK/article/view/563> [accessed 10.01.2024]. (In Russian).

3. Boldyreva V.E., Bezuglova O.S., Mezhenkov A.A., Litvinov Yu.A., Morozov I.V., 2022. *Sravnitel'nyy analiz metodov opredeleniya granulometricheskogo sostava pochv Severnogo Priazov'ya* [Comparative analysis of methods for determining the granulometric composition of soils in the Northern Azov region]. *AgroEcoInfo*, no. 1(49), 17, DOI: 10.51419/202121126, EDN: MQOFQO. (In Russian).

4. Babichev A.N., Sidarenko M.P., 2023. *Granulometricheskii sostav kak vazhnyy ekologicheskii pokazatel' plodorodiya pochv Bagaevskogo rayona* [Granulometric texture as an important ecological indicator of soil fertility in Bagaevsky district]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo* [Ecology and Water Management], vol. 5, no. 1, pp. 32-44, DOI: 10.31774/2658-7890-2023-5-1-32-44, EDN: JNTAPM. (In Russian).

5. Yudina A.V., Fomin D.S., Valdes-Korovkin I.A., Churilin N.A., Aleksandrova M.S., Golovleva Yu.A., Filippov N.V., Kovda I.V., Dymov A.A., Milanovsky E.Yu., 2020. *Puti sozdaniya klassifikatsii pochv po granulometricheskomu sostavu na osnove metoda lazernoy difraktsii* [The ways to develop soil textural classification for laser diffraction method]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 11, pp. 1353-1371, DOI: 10.31857/S0032180X20110143, EDN: ICBQKC. (In Russian).

6. Boldyreva V.E., Bezuglova O.S., Morozov I.V., 2022. *Znachenie sistematizatsii rezul'tatov granulometricheskogo sostava po dannym regional'nogo pochvennogo data-tsentra v izuchenii osobennostey chernozemov obyknovennykh Severnogo Priazov'ya* [The importance of systematization of the results of particle-size distribution according to the data of the regional soil data center in the study of the characteristics of ordinary chernozems of the Northern Azov region]. *AgroEcoInfo*, no. 2(50), 17, DOI: 10.51419/202122231, EDN: DRJZIT. (In Russian).

7. Ivanisova N.V., Kurinskaya L.V., Kolesnikov S.I., 2020. *Profil'noe izmenenie granulometricheskogo sostava pochv pri antropogenizatsii landshaftov* [Profile change of granulometric composition of soils in the landscape anthropogenization]. *AgroEcoInfo*, no. 4(42), 9, EDN: NAYMJR. (In Russian).

8. Fillipova O.I., Kholodov V.A., Safronova N.A., Yudina A.V., Kulikova N.A., 2019. *Mikroagregatnyy, granulometricheskii i agregatnyy sostav gumusovykh gorizontov zonal'nogo ryada pochv Yevropeyskoy Rossii* [Particle-size, microaggregate-size, and aggregate-size distributions in humus horizons of the zonal series of soils in European Russia]. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], no. 3, pp. 335-347, DOI: 10.1134/S0032180X19030031, EDN: VUFCWH. (In Russian).
9. 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.
10. 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.
11. Wu Y., Wang H., Zhu J., 2022. Influence of reclaimed water quality on infiltration characteristics of typical subtropical zone soils: a case study in South China. *Sustainability*, vol. 14, no. 4390, DOI: 10.3390/su14084390, EDN: FDNYOY.
12. Stokes G.G., 1845. On the theories of the internal friction of fluids in motion and of the equilibrium and motion of elastic solids. Cambridge Philosophy Society, vol. 8, pp. 287-319.
13. Bouyoucos G.J., 1927. The hydrometer as a new and rapid method for determining the colloidal content soils. *Soil Science*, vol. 23, iss. 4, pp. 319-330, DOI: 10.1097/00010694-192704000-00005.
14. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A., 1986. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv* [Methods for Studying the Physical Properties of Soils]. Moscow, Agropromizdat Publ., 416 p. (In Russian).
15. Kachinsky N.A., 1965. *Fizika pochv* [Soil Physics]. Moscow, Higher School Publ., 324 p. (In Russian).

Информация об авторах

- С. В. Подовалова** – младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация, podovalovas@list.ru, AuthorID: 848970, ORCID ID: 0000-0002-2823-797X;
- А. М. Джапарова** – младший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация, mtpiv@bk.ru, AuthorID: 847974, ORCID ID: 0000-0002-2671-7021;
- Н. Е. Волкова** – старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация, volkova_n@niishk.site, AuthorID: 818451, ORCID ID: 0000-0002-3146-652X.

Information about the authors

- S. V. Podovalova** – Junior Researcher, Scientific Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russian Federation, podovalovas@list.ru, AuthorID: 848970, ORCID ID: 0000-0002-2823-797X;
- A. M. Dzhaparova** – Junior Researcher, Scientific Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russian Federation, mtpiv@bk.ru, AuthorID: 847974, ORCID ID: 0000-0002-2671-7021;
- N. E. Volkova** – Senior Researcher, Scientific Research Institute of Agriculture of the Crimea, Simferopol, Russian Federation, volkova_n@niishk.site, AuthorID: 818451, ORCID ID: 0000-0002-3146-652X.

Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 92, № 1. С. 18–30.
Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture. 2024. Vol. 92, no. 1. P. 18–30.

*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 19.02.2024; одобрена после рецензирования 12.03.2024;
принята к публикации 01.04.2024.*

*The article was submitted 19.02.2024; approved after reviewing 12.03.2024; accepted for
publication 01.04.2024.*