Естественные науки. 2025. № 3 (20). С. 72–80.
Yestestvennye nauki = Natural Sciences. 2024; 3 (16): 72–80 (In Russ.).

Научная статья
УДК 631.416
doi 10.54398/2500-2805.2025.20.3.007

ВЫЯВЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЛИЧИНАМИ ПОЧВ ПРИ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Кучерова Арина Николаевна
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград, Россия
kucerovaarina@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена изучению и анализу исследования зависимости между фракциями гранулометрического состава почвы, содержанием гумуса и обменных катионов в почвах земель сельскохозяйственного назначения. Исследования проводились на аллювиальных и бурых аридных почвах, на залежи и пашне, на территории Харабалинского района Астраханской области. Пахотная орошаемая почва по содержанию физического песка и физической глины относятся к тяжелосуглинистым и легкоглинистым почвам. В аллювиальных целинных почвах — суглинок, глина лёгкая. Анализ гумуса залежных и целинных почв исследуемой территории позволил выявить очень низкое его содержание (до 1 %). Почвенные пробы, относящиеся к пахотным орошаемым сельскохозяйственным почвам, отмечаются более высоким содержанием органического вещества. Исследование обменных катионов показало неравномерное распределение обменных кальция и магния (31–67 %), а также низкое содержание калий и натрия (0,3–3,0 %). По результатам корреляционного анализа наблюдается средняя зависимость между содержанием органического вещества и наиболее мелкими фракциями (ил, пыль мелкая, пыль средняя).

Ключевые слова: почва, гранулометрический состав, гумус, обменные катионы, физическая глина

Для цитирования: Кучерова А. Н. Выявление корреляционной зависимости между физико-химическими величинами почв при почвенно-экологическом мониторинге земель сельскохозяйственного назначения // Естественные науки. 2025. № 3 (20). С. 72–80. https://doi.org/10.54398/2500-2805.2025.20.3.007.

© Кучерова А. Н., 2025

IDENTIFICATION OF THE CORRELATION BETWEEN THE PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF SOILS DURING SOIL-ECOLOGICAL MONITORING OF AGRICULTURAL LANDS

Kucherova Arina N.
Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the RAS, Volgograd, Russia
kucerovaarina@gmail.com

Abstract. This article examines and analyzes the relationship between soil particle size distribution fractions, humus content, and exchangeable cations in agricultural soils. The study was conducted on alluvial and brown arid soils on fallow land and arable land in the Kharabalinsky District of the Astrakhan Region. The arable irrigated soil is classified as heavy loamy and light clay soils based on its physical sand and clay content. Alluvial virgin soils contain loam and light clay. Humus analysis in fallow and virgin soils in the study area revealed a very low humus content (up to 1 %). Soil samples from arable irrigated agricultural soils were noted for their higher organic matter content. A study of exchangeable cations revealed an uneven distribution of exchangeable calcium and magnesium (31–67 %), as well as low potassium and sodium contents (0.3–3.0 %). According to the results of the correlation analysis, an average relationship is observed between the content of organic matter and the smallest fractions (silt, fine dust, medium dust).

Keywords: soil, particle size distribution, humus, exchangeable cations, physical clay

For citation: Kucherova A. N. Identification of the correlation between the physicochemical parameters of soils during soil-ecological monitoring of agricultural lands. *Yestestvennye nauki = Natural Sciences*. 2025; 3 (20): 72–80. https://doi.org/10.54398/2500-2805.2025.20.3.007 (In Russ.).

Введение. Плодородие почвы является одним из ключевых факторов, определяющих продуктивность сельскохозяйственных угодий. Одними из важных показателей плодородия являются сумма обменных катионов, гранулометрический состав и содержание гумуса в почве. Понимание взаимосвязи между этими параметрами позволяет более эффективно управлять агротехническими мероприятиями и улучшать почвенные свойства [1; 5; 9–11].

Агрофизические свойства почвы играют большую роль в создании оптимального водного, воздушного и пищевого режимов почвы, что в свою очередь непосредственно сказывается на формировании урожая выращиваемых на определённом земельном участке сельскохозяйственных культур [3; 12–13].

К. К. Гедройц определяет почвенный поглощающий комплекс как совокупность нерастворимых в воде органических, органоминеральных и минеральных соединений, находящихся в высокодисперсном состоянии. Эти соединения обладают способностью поглощать и удерживать вещества разного размера, заряда, природы и состава [4].

Почвенно-поглощающий комплекс (ППК) представляет собой совокупность всех частиц почвы, способных удерживать и обменивать катионы. Этот комплекс включает глинистые минералы, гумус и другие органические вещества. ППК играет важную роль в удержании и доступности питательных веществ для растений. Катионы, удерживаемые ППК, могут способствовать флоккуляции глинистых частиц, что улучшает структуру почвы, её порозность и водопроницаемость.

Таким образом, состав обменных катионов оказывает значительное влияние на физические и химические свойства почвы. Катионы могут влиять на структурную устойчивость почвы, содержание гумуса и её pH, что в свою очередь определяет плодородие и пригодность почвы для сельскохозяйственных нужд. Понимание этих взаимодействий помогает в разработке эффективных стратегий управления почвами для поддержания их плодородия и экологической устойчивости.

В связи с тем, что почва является важной частью окружающей среды, вопросы её изучения должны рассматриваться при едином подходе, который должен осуществляться на основе систематических и комплексных наблюдений. Для реализации этих концепций и осуществляется система мониторинга земель в целом и система почвенного мониторинга как его составная часть [6].

Материалы и методы исследований. Исследования гранулометрического состава, содержания обменных катионов и анионов и гумуса проводили на территории Харабалинского района, расположенном в центральной части Астраханской области, на левом берегу Волги. Территория исследования расположена в переходной зоне дельты Волги в Волго-Ахтубинскую пойму (рис. 1).

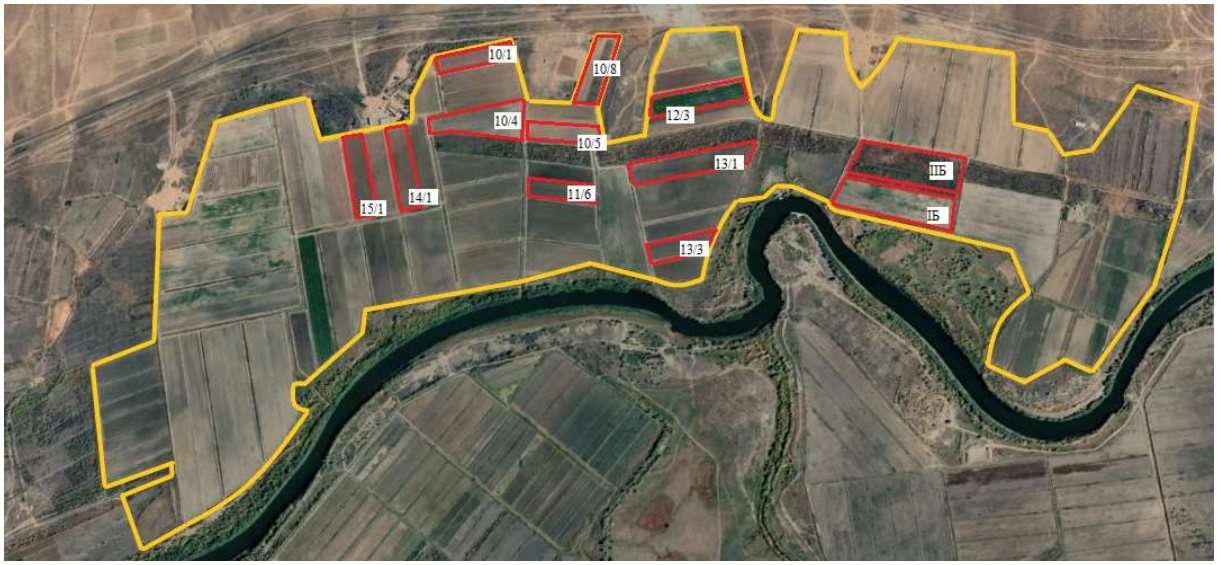

Рисунок 1 — Границы исследованной территории

Почвенный покров представлен пахотными бурыми аридными (IIБ, 10/8) и аллювиальными луговыми (IБ, 10/1, 10/4, 10/5, 11/6, 12/3, 13, 13/1, 13/3, 14/1, 15/1, Ц1, Ц1) почвами, находящимися в сельскохозяйственном обороте, а также залежами, не используемыми более двадцати лет, и целиной.

Было исследовано 13 участков (полей) площадью 64 га каждое. Отбор образцов почв для лабораторных анализов проводили агрохимическим методом на каждом поле с глубины 0–20 и 20–40 см согласно ГОСТ Р 58595-2019. Из образцов с одного участка составляли объединённую пробу и далее формировали средний образец. Всего было отобрано 30 образцов для каждой глубины, из которых 15 образцов пашни, 10 образцов залежных почв и 5 — целинных.

Основной почвообразующей породой, на которой сформировались изучаемые почвы, являются рыхлые аллювиальные отложения. Они представляют собой слоистое строение, хорошо сортированные по механическому составу, сверху обычно более мелкие, чем снизу, могут содержать включения торфа. В зависимости от природных условий, образования аллювиальных отложений могут быть самого различного состава: песчаные, суглинистые, глинистые.

Территория пашни представлена аллювиальными дерново-опустынивающими карбонатными солонцеватыми супесчаными почвами на рыхлых аллювиальных отложениях и залежи, аллювиальными дерново-опустынивающими карбонатными супесчаными почвами на рыхлых аллювиальных отложениях.

Методической основой исследования служил сравнительно-генетический метод, который основан на сравнительной оценке почв различного режима использования, но находящихся в единых геоморфологических условиях [8].

Определение гранулометрического состава почвы проводили на лазерном анализаторе частиц «ЛАСКА-ТД», определение содержания обменных катионов — по методу Пфеффера в модификации В. А. Молодцова и В. П. Игнатовой [7]. Для анализа содержания органического вещества применялся фотометрический метод в соответствии с ГОСТ 26213-2021.

Результаты и их обсуждение. Важнейшие физические свойства почвы зависят от диаметра первичных гранулометрических частиц, слагающих почву, и от соотношения различных фракций (рис. 2).

Залежные почвы представлены фракциями среднепылеватыми (30,91 %), мелкопылеватыми (16,62 %) и илистыми (8,16 %). Распределение почвенных фракций носит равномерный характер. Наблюдается заметное увеличение фракции крупной пыли на глубине 20–40 см до 57,89–%. Наименование залежных почв по классификации Н. А. Качинского – средне-, тяжелосуглинистые и легкоглинистые.

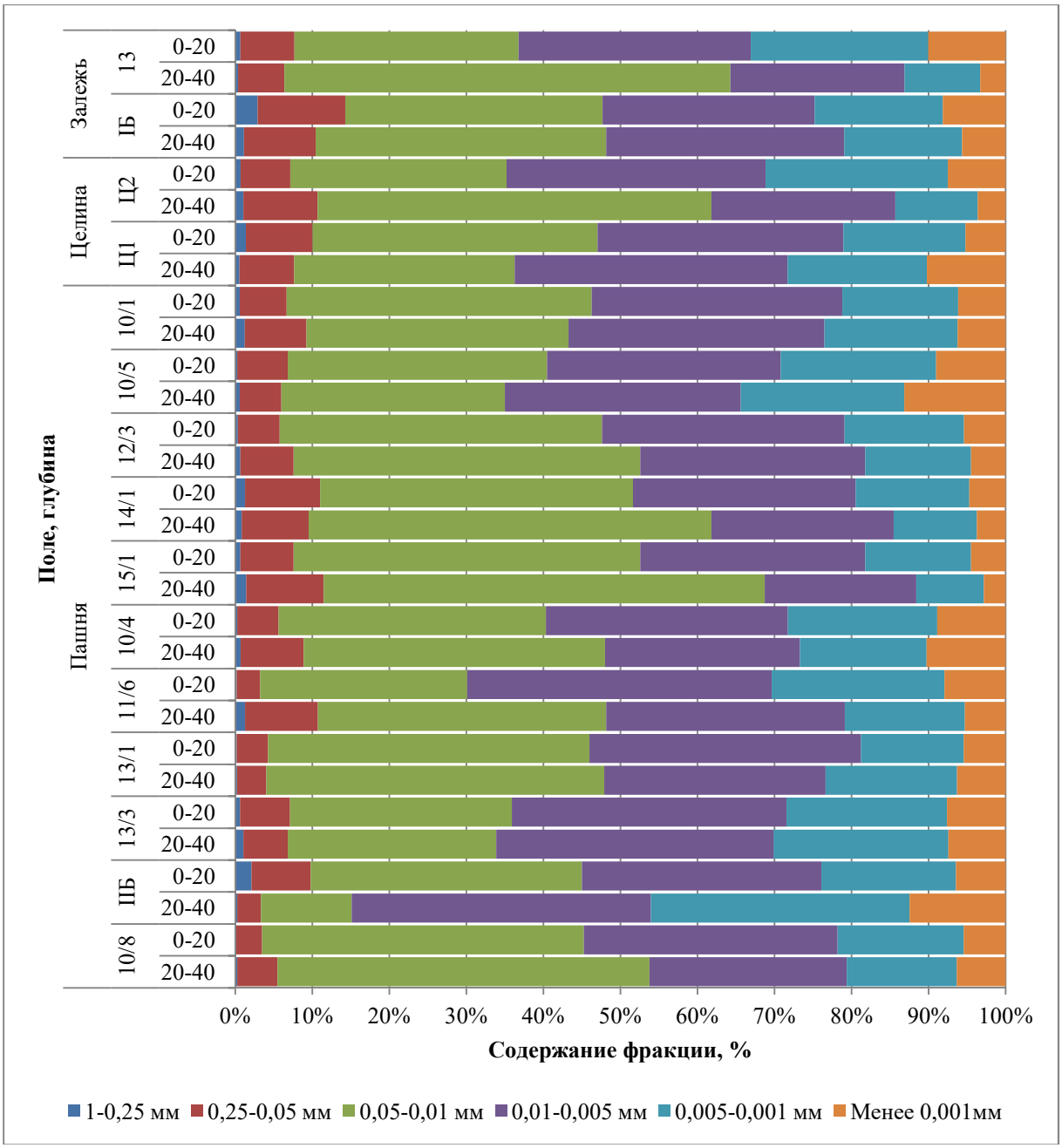

Рисунок 2 — Содержание фракций гранулометрического состава почв, %

Аллювиальная пахотная орошаемая и бурая пахотная орошаемая почва характеризуется высоким содержанием глинистых частиц (менее 0,01 мм), особенно на агропочвах (ІІБ). Фракция глины возрастает до 84,88 %. Изменение содержания фракций ила по глубине неравномерное. Пахотная орошаемая почва по содержанию физического песка и физической глины с учётом других преобладающих фракций относятся к тяжелосуглинистым и легкоглинистым почвам.

Характер распределения почвенных фракций по слоям неравномерный. Незначительно возрастает количество мелкого песка. Можно отметить обеднение содержания ила в почвенных слоях (4–6 %).

В аллювиальной пахотной орошаемой почве наблюдается увеличение глинистой фракции. Большая аккумуляция частиц происходит в нижнем слое 20–24 см (более 66 %). Наименьшее количество песчаной фракции варьируется в нижних слоях (33,86 %). Отмечается незначительное увеличение мелкой и средней пыли. В верхних слоях почвенный покров легкоглинистый, мелко- и среднепылеватый.

Поля аллювиальных пахотных почв 14/1 и 15/1 характеризуются преобладанием фракций физического песка по всей глубине (50–70 %). В сравнении: поле 15/1 более опесчаненное, чем поле 14/1. В составе физического песка исследуемой территории пашни преобладают фракции крупной пыли (40–60 %) и мелкого песка (6–10 %).

В аллювиальных целинных почвах наблюдается неравномерное распределение фракций песка и глины. С глубиной наблюдается заметное уменьшение глинистых фракций до 38,18 %. Распределение илистой фракции пахотного горизонта в нижележащий горизонт составило от 7,52 до 3,64 %.

Процесс гумусообразования протекает при нейтральной и слабощелочной реакции среды, а также при тяжёлом гранулометрическом составе. Анализ содержания общего углерода почв исследуемой территории позволил выявить неоднородность его содержания.

Характеризуя содержание гумуса в залежной почве (13 %, IБ), можно отметить его уменьшение с глубиной (1,86–1,06 %). Запасы гумуса очень низкие.

В аллювиальной пахотной орошаемой почве наблюдается накопление гумуса в нижележащих слоях. Можно предположить, что содержание фракций гумуса связано с лёгкой структурой гранулометрического состава.

Содержание общего гумуса в поверхностных слоях очень низкое — до 3,10 %. Почвенные пробы, относящиеся к пахотным орошаемым сельскохозяйственным почвам (13/1, 13/3, IIБ), отмечаются высоким содержанием органического вещества. Обеспеченность почв гумусом низкая (2–3 %).

Анализ общего гумуса целинных почв исследуемой территории позволил выявить очень низкое его содержание (до 1 %).

Гумусное состояние аллювиальных и бурых аридных почв показало, что содержание гумуса очень низкое — до 2 %. Исключением являются отдельные объекты, где содержание гумуса составило от 2 до 3 %, что говорит о низком плодородии почвенного покрова.

Особенностью распределения обменного катионов на исследуемой территории является существенно низкое содержание кальция (Ca^{2+}; 34,68–66,42 %) и очень высокая обеспеченность обменным магнием (Mg^{2+}; (31,51–64,18 %). Аккумуляция магния в почвенном профиле неоднородна. Такие показатели свидетельствуют о неблагоприятном соотношении обменных катионов кальция и магния. Высокое содержание магния в профиле аллювиальных и почв разного хозяйственного использования неблагоприятно

влияет на их свойства. Преобладание обменного магния в почвенном поглощающем комплексе (ППК) способствует уменьшению водопроницаемости и коэффициента фильтрации, также усиливаются диспергирующие свойства натрия (Na^+).

Результаты анализа обменного натрия показали, что в почвах исследуемой территории содержание катиона низкое — до 2,45 %. Процесс осолонцевания отсутствует. Исследования содержания обменных катионов натрия показали, что содержание натрия от суммы обменных катионов (ЕКО) не превышает 5 %.

Анализ обменного катиона калия показал, что в почвах исследуемых территорий содержание исследуемого металла минимальное — 0,32 %, максимальное содержание обменного калия составило 2,11 %.

Величина ёмкости катионного обмена (ЕКО) на исследуемой территории изменяется от 26 до 80 ммоль·экв/100 г. Высокие показатели ЕКО (72–80 ммоль·экв/100 г) характерны для пробы 13/3, являющейся пахотной. Существенного различие между аллювиальной и бурой аридной почвами не найдено.

Для установления взаимосвязи гранулометрического состава и органического вещества с обменными катионами был рассчитан коэффициент корреляции между фракциями гранулометрического состава, гумусом и обменными катионами (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+) исследуемых почв [2]. Расчёт коэффициента корреляции показал, что наблюдается средняя корреляционная связь между содержанием органического вещества и фракцией пыли мелкой с коэффициентом 0,571. Также присутствует слабая степень корреляционной связи между гумусом и пылью средней и илом: 0,466 и 0,410 соответственно.

Заключение. По аналитическим данным ёмкости поглощения, содержания гранулометрического состава и гумуса найдены коэффициенты уравнения регрессии. По результатам корреляционного анализа наблюдается средняя зависимость между содержанием органического вещества и наиболее мелкими фракциями (ил, пыль мелкая, пыль средняя).

Полученные данные будут способствовать разработке более эффективных методов управления сельскохозяйственными угодьями, что имеет большое значение для обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого землепользования.

Список литературы

1. Бабичев, А. Н. Гранулометрический состав как важный экологический показатель плодородия почв Багаевского района / А. Н. Бабичев, М. П. Сидаренко // Экология и водное хозяйство. — 2023. — Т. 5, № 1. — С. 32–44.

2. Дмитриев, Е. А. Математическая статистика в почвоведении / Е. А. Дмитриев. — Москва : Московский гос. ун-т, 1972. — 320 с.

3. Котова, Е. В. Влияние гранулометрического состава на распределение лабильных форм гумуса в профиле / Е. В. Котова, Д. И. Щеглов // Актуальные

проблемы почвоведения, экологии и земледелия. — Воронеж : Воронежский гос. ун-т, 2020. — С. 173–177.

4. Мартынов, А. В. Ёмкость катионного обмена в пойменных почвах р. Амур: влияние органического вещества на содержание обменных катионов / А. В. Мартынов // Почвы и окружающая среда. — 2019. — Т. 2, № 2. – С. 1–10.

5. Мустафаев, М. Г. Исследование зависимости емкости поглощения от гранулометрического состава и содержания гумуса на примере почв Мугано-сальянского массива / М. Г. Мустафаев // Peasant. — 2013. — № 1. — С. 33–36.

6. Никитин, Е А. Глобальные экологические функции почв / Е. А. Никитин, Г. В. Добровольский // Экология и жизнь. — 2002. — № 2. — С. 9–12.

7. Определение состава обменных оснований в засоленных почвах / В. А. Молодцов, В. П. Игнатова // Почвоведение. — 1975. — № 6. — С. 123–127.

8. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв / сост.: Е. В. Шеин. — Москва : Московский гос. ун-т, 2001. — 200 с.

9. Яковлева, Л. В. Вариабельность физико-химических свойств почв обвалованных территорий Прикаспийской низменности / Л. В. Яковлева, А. В. Федотова, А. П. Сорокин, А. А. Уталиев // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны. — Белгород : Белгородский гос. ун-т, 2016. — С. 212–213.

10. Delgado, A. The soil: Physical, chemical, and biological properties / A. Delgado, J. A. Gómez // Principles of agronomy for sustainable agriculture. — Cham : Springer International Publ., 2024. — P. 15–30.

11. Nnaji, G. U. Evaluation of physico-chemical properties of soils under selected agricultural land utilization types / G. U. Nnaji, C. L. A. Asadu, J. S. C. Mbagwu // Agro-Science. — 2002. — Vol. 3, № 1. — P. 27–33.

12. Selassie, Y. G. Effects of different land use systems on selected physico-chemical properties of soils in Northwestern Ethiopia / Y. G. Selassie, G. Ayanna // Journal of agricultural science. — 2013. — Vol. 5, № 4. — P. 112.

13. Tale, K. S. A review on role of physico-chemical properties in soil quality / K. S. Tale, S. Ingole // Chemical Science Review and Letters. — 2015. — Vol. 4, № 13. — P. 57–66.

References

1. Babichev, A. N., Sidarenko, M. P. Granulometricheskii sostav kak vazhnii ekologicheskii pokazatel plodorodiya pochv Bagaevskogo raiona. *Ekologiya i vodnoe khozyaistvo = Ecology and water management*. 2023; 5 (1): 32–44.

2. Dmitriev, Ye. A. *Matematicheskaya statistika v pochvovedenii = Mathematical Statistics in Soil Science*. Moscow: Moscow State University; 1972: 320 p.

3. Kotova, Ye. V., Shcheglov, D. I. The influence of particle size distribution on the distribution of labile forms of humus in the profile. *Aktualnie problemi pochvovedeniya, ekologii i zemledeliya* = Current issues in soil science, ecology and agriculture. Voronezh: Voronezh State University; 2020: 173–177.

4. Martinov, A. V. Cation exchange capacity in floodplain soils of the Amur River: the influence of organic matter on the content of exchangeable cations. *Pochvi i okruzhayushchaya sreda = Soils and the Environment*. 2019; 2 (2): 1–10.

5. Mustafaev, M. G. A study of the dependence of absorption capacity on particle size distribution and humus content using the example of soils of the Mugano-Salyan massif. *Peasant*. 2013; 1: 33–36.

6. Nikitin, Ye A., Dobrovolskii, G. V. Global ecological functions of soils. *Ekologiya i zhizn = Ecology and life*. 2002; 2: 9–12.

7. Molodtsov, V. A., Ignatova, V. P. Determination of the composition of exchangeable bases in saline soils. *Pochvovedenie = Soil Science*. 1975; 6: 123–127.

8. *Polevie i laboratornie metodi issledovaniya fizicheskikh svoistv i rezhimov pochv = Field and Laboratory Methods for Studying the Physical Properties and Regimes of Soils.* Compl. Ye. V. Shein. Moscow: Moscow State University; 2001: 200 p.

9. Yakovleva, L. V., Fedotova, A. V., Sorokin, A. P., Utaliev, A. A. Variability of physical and chemical properties of soils in the embanked areas of the Caspian lowland. *Pochvovedenie – prodovolstvennoy i ekologicheskoy bezopasnosti strany = Soil science – food and environmental security of the country*. Belgorod: Belgorod State Uniersity; 2016: 212–213.

10. Delgado, A., Gómez, J. A. The soil: Physical, chemical, and biological properties. *Principles of agronomy for sustainable agriculture*. Cham: Springer International Publ.; 2024: 15–30.

11. Nnaji, G. U., Asadu, C. L. A., Mbagwu, J. S. C. Evaluation of physico-chemical properties of soils under selected agricultural land utilization types. *Agro-Science*. 2002; 3 (1): 27–33.

12. Selassie, Y. G., Ayanna, G. Effects of different land use systems on selected physico-chemical properties of soils in Northwestern Ethiopia. *Journal of agricultural science*. 2013; 5 (4): 112.

13. Tale, K. S., Ingole, S. A review on role of physico-chemical properties in soil quality. *Chemical Science Review and Letters*. 2015; 4 (13): 57–66.

Информация об авторе

Кучерова А. Н. —лаборант-исследователь.

Information about the authors

Kucherova A. N. — Laboratory Research Assistant.

Статья поступила в редакцию 05.09.2025; одобрена после рецензирования 09.10.2025; принята к публикации 14.10.2025.

The article was submitted 05.09.2025; approved after reviewing 09.10.2025; accepted for publication 14.10.2025.