

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 631.43:631.582

doi: 10.31774/2712-9357-2025-15-4-241-255

Водопрочность почвенных агрегатов в зависимости от культур севооборота в субальпийском поясе Северной Осетии

Сергей Эдуардович Кучиев¹, Асланбек Хасанович Козырев²

¹Горский государственный аграрный университет, Владикавказ, Российская Федерация

²Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Владикавказского научного центра Российской академии наук, Михайловское, Российская Федерация

¹sergio_k73@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1953-6724>

²ironlag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>

Аннотация. Цель: мониторинг плодородия горных почв и научное обоснование противозрозионной устойчивости сельскохозяйственных культур в субальпийском поясе центральной части Северного Кавказа. Для обеспечения сохранения плодородия почв в горных и склоновых районах, где активно развиваются эрозионные процессы, необходимо проводить систематический мониторинг их агрофизических свойств. В данной статье приведены результаты мониторинговых наблюдений за водопрочностью почвенных агрегатов в пахотном слое почвы в зависимости от культур севооборота в горной зоне Северной Осетии. **Материалы и методы.** Полевые эксперименты проводились в несколько этапов в период 1996–2013 гг. на горном многолетнем стационаре, расположенном на высоте 1560 м над уровнем моря на склоне северо-восточной экспозиции и крутизной 7° в Даргавской котловине (Пригородный район РСО – Алания). **Результаты.** Традиционный метод определения водопрочности почвенных агрегатов неоправданно завышает показатели в связи с несовершенством методики определения. С учетом предложенной модернизации методики исследований горных почв, водопрочность была пересчитана в зависимости от содержания щебенки глинистых сланцев в объеме 30,53–34,10 % в разные периоды наблюдений. Проведенные расчеты показали, что даже с данными методическими изменениями почва остается удовлетворительной по водопрочности на всех вариантах, кроме естественной растительности. В первом периоде исследований усредненный показатель водопрочности по севообороту равнялся 47,99, а во втором периоде составил 47,29 %. **Выводы.** Многолетние наблюдения показали, что в условиях севооборота водопрочность почвы изменялась незначительно. Тем не менее, можно выделить ряд культур, которые способствовали либо стабилизации, либо улучшению данного показателя. Наиболее благоприятное влияние оказывали естественные горно-луговые биоценозы, многолетние травы и зерновые культуры. Эти агроценозы поддерживали высокую устойчивость почвенной структуры, что особенно важно в эрозионно опасных зонах.

Ключевые слова: горно-луговые почвы, водопрочность почвенной структуры, щебенка глинистых сланцев, структурное состояние почвы, мониторинг, севооборот

Источник финансирования: исследование финансировалось за счет средств бюджета ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». Никаких дополнительных грантов на проведение данного конкретного исследования или руководство им получено не было.

Для цитирования: Кучиев С. Э., Козырев А. Х. Водопрочность почвенных агрегатов в зависимости от культур севооборота в субальпийском поясе Северной Осетии //



Мелиорация и гидротехника. 2025. Т. 15, № 4. С. 241–255. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-4-241-255>.

GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

Water stability of soil aggregates depending on crop rotation in the subalpine zone of North Ossetia

Sergey E. Kuchiev¹, Aslanbek Kh. Kozyrev²

¹Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russian Federation

²North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture –
branch of the Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
Mikhailovskoe, Russian Federation

¹sergio_k73@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1953-6724>

²ironlag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>

Abstract. Purpose: to monitor mountain soil fertility and provide scientific substantiation of erosion resistance of agricultural crops in the subalpine belt of the central North Caucasus. To ensure the preservation of soil fertility in mountain and slope areas subject to active erosion, systematic monitoring of their agrophysical properties is necessary. The results of monitoring observations of the soil aggregate water stability in the arable soil layer depending on crop rotation in the mountainous zone of North Ossetia were presented. **Materials and methods.** Field experiments were conducted in several stages from 1996 to 2013 at a long-term mountain station located at an altitude of 1,560 m above sea level on a northeastern-facing slope with a steepness of 7° in the Dargavskaya basin (suburban area of the Republic of North Ossetia – Alania). **Results.** The traditional method for determining the soil aggregate water stability unreasonably overestimates the values due to imperfections in the determination methodology. Taking into account the proposed modernization of the methodology for studying mountain soils, the water stability was recalculated depending on the content of clay shale aggregates at a level of 30.53–34.10 % in different observation periods. The calculations showed that even with these methodological changes, the soil remains satisfactory in terms of water stability in all variants except for natural vegetation. In the first study period, the average water stability indicator for crop rotation was 47.99 %, and in the second period, it was 47.29 %. **Conclusions.** Long-term observations have shown that under crop rotation conditions, soil water stability changed insignificantly. Nevertheless, a number of crops contributing to either stabilization or improvement of this indicator can be identified. Natural mountain meadow biocenoses, perennial grasses, and grain crops had the most beneficial effects. These agroecosystems maintained high soil stability, which is especially important in erosion-prone areas.

Keywords: mountain meadow soils, soil structure water stability, clay shale aggregate, soil structural condition, monitoring, crop rotation

Funding source: the study was funded by the budget of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Gorsky State Agrarian University. No additional grants for carrying out or managing this specific study were received.

For citation: Kuchiev S. E., Kozyrev A. Kh. Water stability of soil aggregates depending on crop rotation in the subalpine zone of North Ossetia. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2025;15(4):241–255. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2025-15-4-241-255>.

Введение. Вопрос устойчивого управления землями горных регионов имеет особое стратегическое значение для России [1, 2]. Это связано с тем, что почти половина субъектов Федерации (42 из 85) имеют в своем составе горные территории [3]. Потенциал таких земель для расширения агропромышленного производства велик, однако их экологическая уязвимость требует крайне осторожного, научно обоснованного подхода к освоению [4–6].

Агропромышленное производство в современных условиях является основным из множества факторов, оказывающих негативное влияние на горные территории [7]. Увеличение потребностей человека в продуктах питания, а перерабатывающей промышленности в сырье вызывает необходимость интенсификации сельскохозяйственного производства, что приводит к негативным экологическим последствиям [8–10].

На примере Республики Северная Осетия-Алания видно, что около 70 % ее территории расположено в горных и предгорных зонах. При этом значительная часть сельхозугодий подвержена эрозии: почти половина пашни, более трех четвертей сенокосов и 80 % пастбищ [11, 12]. Для этих районов характерна выраженная вертикальная поясность, что определяет как климатические, так и почвенные условия землепользования. Малый объем экспериментальных данных, охватывающий большой промежуток времени по выявлению противоэрозионной устойчивости различных сельскохозяйственных культур в условиях Северной Осетии, обусловили выбор темы исследований.

Для обеспечения сохранения плодородия почв в горных и склоновых районах, где активно развиваются эрозионные процессы, необходимо проводить систематический мониторинг их агрофизических свойств. Такой подход позволяет не только оценить текущие изменения в структуре почв, но и разработать меры для их защиты, что крайне важно с точки зрения обеспечения земельных ресурсов для будущих поколений [13–15]. Но больший ин-

терес вызывают сами почвы и их особенности, а именно: наличие щебенки глинистых сланцев (дресвы), она выступает не как включения в виде отдельных камешков, а как скелетная основа, вокруг которой образуются агрегаты от 3 до 5 мм.

Цель наших исследований заключается в проведении мониторинга плодородия горных почв и научном обосновании противозерозионной устойчивости сельскохозяйственных культур в субальпийском поясе центральной части Северного Кавказа.

В статье приводятся результаты решения одной из задач исследований – мониторинговых наблюдений за водопрочностью почвенных агрегатов в пахотном слое почвы в зависимости от культур севооборота в горной зоне Северной Осетии.

Материалы и методы. Полевые эксперименты проводились в несколько этапов в период 1996–2013 гг. на землях Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного и предгорного сельского хозяйства – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук» на горном многолетнем стационаре с. Даргавс. В статье приведены результаты мониторинговых наблюдений этапа 1 (1996–1998 гг.) и этапа 6 (2011–2013 гг.).

Даргавская котловина, где проводились исследования, отличается умеренно континентальным климатом. Среднегодовая температура здесь составляет около +5,9 °С. Среднесуточная температура воздуха зимой составляет минус 4,0 °С, весной +4,8 °С, летом +14,5 °С и осенью +6,3 °С. Самый теплый месяц – июль, со среднесуточной температурой 15,5 °С. Самый холодный – январь, со среднесуточной температурой минус 5,1 °С. Климатические условия региона характеризуются мягкой зимой, которая продолжается около четырех месяцев. В этот период наблюдаются как морозы, так и оттепели, однако снежный покров остается низким, а число

дней с его наличием составляет всего 63. Зимы преимущественно сухие и солнечные. Летний сезон умеренно теплый, средняя температура превышает $+15^{\circ}\text{C}$, продолжительность лета составляет около 127 дней, из которых 46 дней имеют температуру выше указанного значения. Осень отличается сухостью, а с середины ноября наблюдается устойчивое снижение температуры ниже 0°C . Количество осадков в котловине остается небольшим, что также влияет на условия формирования агрофизических свойств почв. Осадков выпадает в среднем 605 мм/год, причем их наибольшая доля приходится на летние месяцы. Безморозный период длится примерно 154 дня.

Эрозионную опасность представляют осадки, выпадающие с большой интенсивностью и превышающие 5 мм уровень. В годы наблюдений количество дождей с суточной нормой более 5 мм колебалось от 27 случаев до почти 50. В отдельные годы фиксировались экстремальные ливни: например, в августе 2009 и 2010 гг. – до 73 мм/сут, а в июне 2012 г. – свыше 100 мм в течение двух последовательных дней.

Почвы опытного участка – горно-луговые выщелоченные, относятся к субальпийскому типу с перегнойно-иллювиальным горизонтом, суглинистые и щебнистые, образованные на глинистых сланцах. Они содержат до 35 % дресвы, имеют кислую реакцию и богаты органическим веществом. При этом обеспеченность фосфором низкая, а содержание обменного калия высокое.

Исследование проводилось на стационарном участке, расположенном на северо-восточном склоне. Угол наклона данного участка составляет 7° , а высота над уровнем моря достигает 1560 м. Экспериментальная работа организована с использованием метода систематических повторений, включающих трехкратные повторения каждого варианта с рандомизированным размещением. Для проведения наблюдений были выделены прямоугольные делянки, общая площадь которых составила 174 м^2 ($5,8 \times 30\text{ м}$), из которых учетная площадь занимала 92 м^2 . Отбор почвенных образцов

проводили по слоям 0–10, 10–20 и 20–30 см. Такой подход обеспечивает репрезентативность данных и позволяет исследовать динамику изменений агрофизических характеристик почвы.

В испытаниях использовались различные группы культур: многолетние травы (разновозрастные агроценозы клевера лугового), зерновые (озимый ячмень, озимая рожь, овес, а также овес с подсевом трав) и пропашные культуры (картофель, кукуруза, столовая свекла, капуста).

Определение водопрочности почвенных агрегатов проводили по методу Н. И. Саввинова [16].

Достоверность исследований обоснована длительным периодом проведения полевых экспериментов на горном стационаре (1996–2013 гг.), что позволяет делать выводы, учитывая многолетнюю динамику и минимизацию влияния случайных факторов.

Результаты и обсуждение. В результате проведения большого количества агрофизических и водно-физических анализов, обуславливающих фактическое состояние горно-луговой почвы, мы пришли к выводу о необходимости пересчета некоторых значений для использования стандартных шкал. Это касалось как строения пахотного слоя, где при значительном иссушении почвы величина некапиллярной пористости могла получиться отрицательной, так и водопрочности почвенной структуры, где показатели получались явно завышенными при интенсивно развивающейся эрозии почвы. Разрушению подвергалась почва, но не разрушалась щебенка глинистых сланцев (рисунок 1).

Под водопрочностью структуры понимается способность почвы противостоять размывающему воздействию воды и сохранять свою целостность, не превращаясь в бесструктурную массу. Водопрочность почвы определяется нерастворимостью в воде перегноя, который способствует цементированию ее частиц в комки.

Как показали исследования, на изменение данного показателя влияла

как глубина отбора проб, так и вид растительности, которая произрастает на данном участке. Анализ структурного состояния почвы по принятой шкале показывает, что в большинстве случаев агрегаты характеризуются удовлетворительной степенью водопрочности, колеблющейся в пределах 40–55 %.

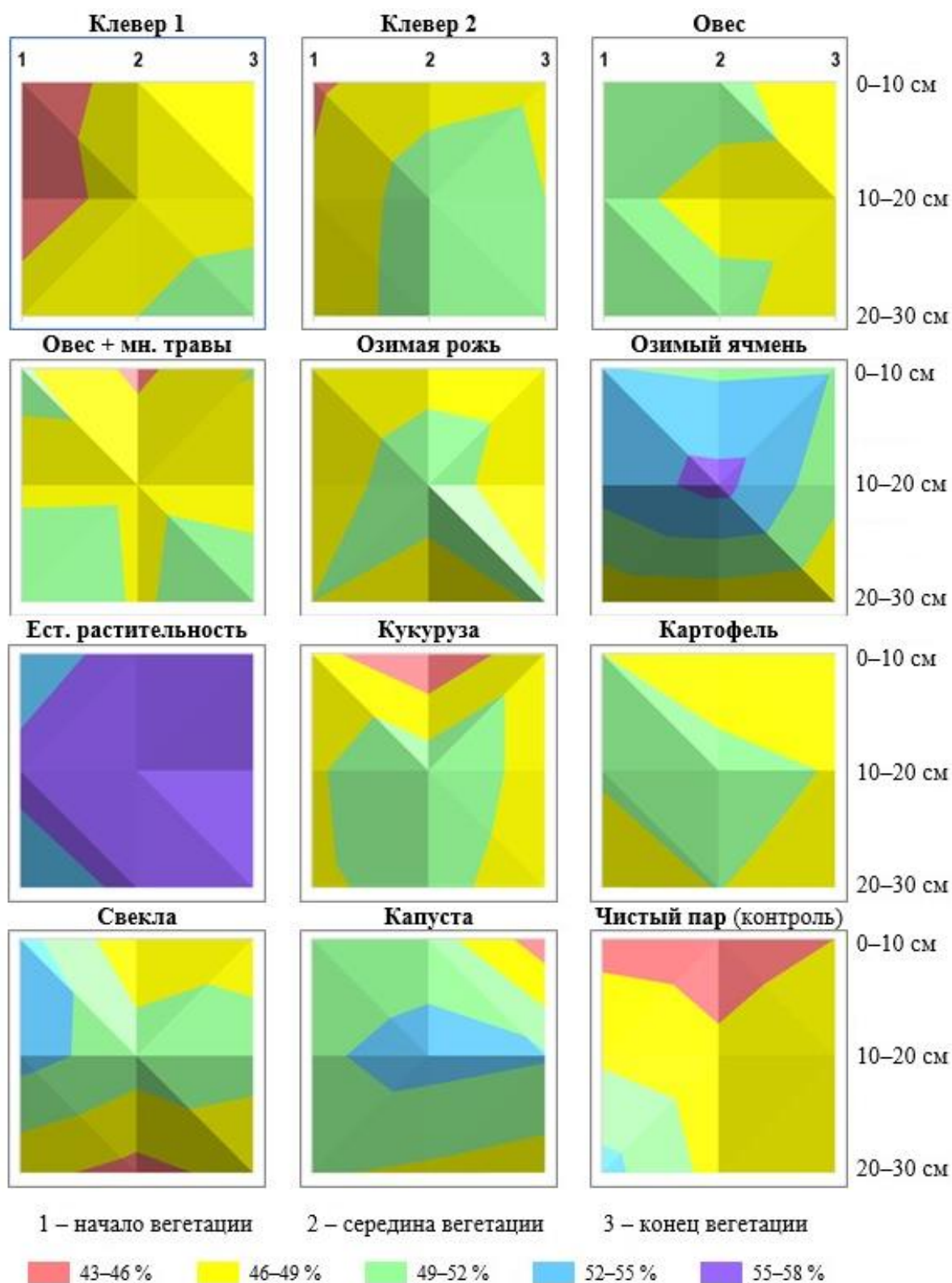


**Рисунок 1 – Образец отмытой щебенки глинистых сланцев
(автор фото А. Х. Козырев)**

**Figure 1 – Sample of washed clay shale aggregate
(photo by A. Kh. Kozyrev)**

Так как в почве содержится 30–40 % дресвы, мы предложили модифицировать традиционную методику определения водопрочности¹. Результаты наших исследований показали, что в первый этап проведения исследований независимо от глубины пахотного слоя и различных культур содержание дресвы составляло 30,53 %, а во второй этап (через 12 лет) данный показатель составил 34,1 %, что говорит о вымывании 3,57 % ценной фракции почвенных структур. Оставшиеся на различных по диаметру ситах агрегаты после разрушения высушивали и суммировали. Из них высчитывали процент дресвы соответственно этапам, а получившиеся результаты считали водопрочностью в граммах, затем переводили в проценты и представляли в виде хроноизоплет (рисунок 2).

¹Пат. 2138045 Российская Федерация, МПК⁶ G 01 N 33/24, G 01 N 5/04. Способ определения сложения пахотного слоя горных почв / Адиньяев Э. Д., Рогова Т. А., Гаджиев Р. К., Кучиев С. Э.; заявитель и патентообладатель Горский ГАУ. № 98111886/13; заявл. 22.06.98; опубл. 20.09.99.



**Рисунок 2 – Динамика водопрочности почвенных агрегатов
в течение вегетации по различным культурам**

**Figure 2 – Dynamics of soil aggregate water resistance
during the growing season for various crops**

Результатами наших исследований установлено, что водопрочность почвенных агрегатов в посевах многолетних трав увеличивалась как в динамике, так и с глубиной с 43–46 до 49–52 %. Это обеспечивалось способностью многолетних трав оструктурировать почву. Напротив, посевы овса, хоть и незначительно, но снижали водопрочность почвы с 49–52 до 46–49 %. В совместных посевах овса и многолетних трав отмечалось незначительное снижение водопрочности в середине вегетации, особенно в верхних слоях почвы.

В верхнем слое почвы посевов озимой ржи практически не наблюдалось изменений: водопрочность оставалась на уровне 46–49 %. В то же время в ходе наблюдений в течение вегетационного периода выявлено, что в середине сезона устойчивость агрегатов в нижних горизонтах возрастала, однако к моменту завершения роста растений показатели возвращались к исходному уровню, составляя в среднем 49–52 %. Схожая динамика зафиксирована и на посевах озимого ячменя. Здесь в слое 10–20 см к середине вегетации водопрочность повышалась до 55–58 %, но к концу сезона снижалась: в верхних горизонтах – до 49–52 %, а в нижних – до 46–49 %.

В процессе исследования агроценозов таких пропашных культур, как картофель, свекла и капуста, в течение вегетационного периода отмечалась тенденция к снижению агрофизических характеристик почвы. К окончанию периода вегетации особенно яркие изменения фиксировались в верхних слоях почвы, где деградационные процессы становились наиболее выраженными. Эти изменения заслуживают особого внимания, так как они могут указывать на ухудшение структуры почвенного слоя, что напрямую влияет на его способность обеспечивать оптимальные условия для выращивания сельскохозяйственных культур.

Под картофелем и свеклой снижение агрофизических показателей достигало значений в пределах 46–49 %, тогда как для капусты этот диапазон был несколько ниже – 43–46 %. Подобные данные подчеркивают необходи-

мость дальнейшего изучения факторов, способствующих ухудшению физических свойств почвы и разработки мер для предотвращения ее деградации.

В посевах кукурузы на зерно водопрочность верхних слоев снижалась, а нижних возрастала при накоплении растениями наибольшей вегетативной массы. После уборки водопрочность восстанавливалась до прежних значений 46–49 %.

На контрольном варианте (чистый пар) водопрочность почвенных агрегатов верхних слоев была практически стабильной 43–46 %, а с увеличением глубины водопрочность в динамике несколько снижалась: с 52–55 до 46–49 %.

Сведения о водопрочности почвенных агрегатов, находящихся под естественной горно-луговой растительностью, вызывают особый научный интерес, так как этот показатель превышает водопрочность всех остальных изученных вариантов и составляет 52–58 %. На протяжении вегетационного периода с развитием естественной растительности водопрочность почвы, хотя и в незначительной степени, все же увеличивалась.

Мониторинговые наблюдения во второй период исследований позволили получить дополнительные сведения о водопрочности почвенной структуры. На диаграмме приведены усредненные показатели водопрочности в слое 0–30 см под различными культурами севооборота в разные периоды исследований с разницей в 12 лет (рисунок 3).

Как видно, практически на всех полях севооборота и под всеми культурами с течением времени происходит снижение водопрочности почвенных агрегатов. При этом более существенное снижение показателя на 1,5 % отмечается в посевах овса в чистом виде. Максимальное же ухудшение показателя водопрочности на 2,6 % отмечалось под чистым паром, что является вполне закономерным следствием.

Достаточно высокой экологической устойчивостью характеризовались территории с естественной горно-луговой растительностью. Водопро-

прочность почвенных агрегатов сохранялась на уровне 55,31 % на протяжении 12 лет наблюдений.

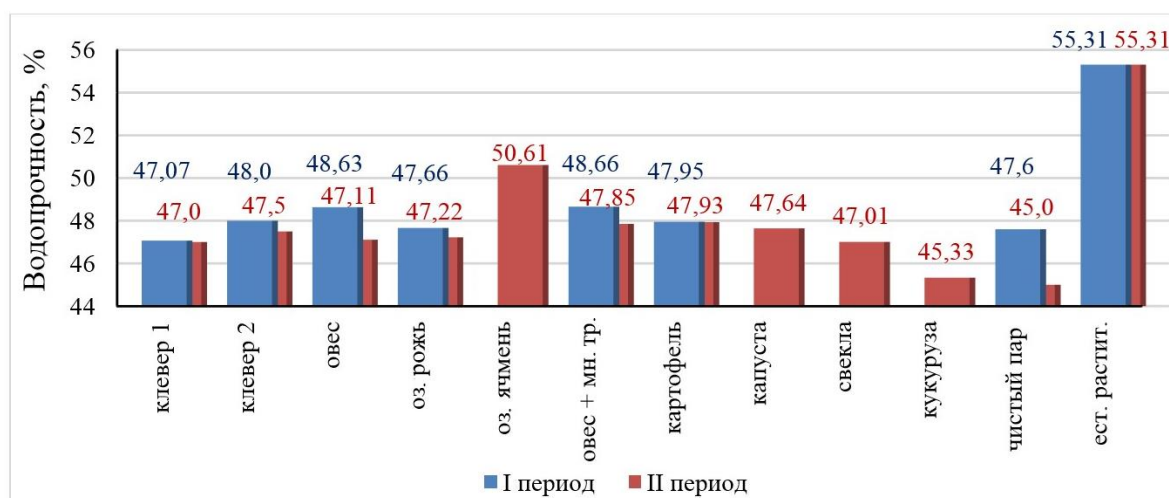


Рисунок 3 – Усредненная водопрочность почвенных агрегатов по периодам исследований

Figure 3 – Average soil aggregate water stability by study period

Подводя итог мониторинговым наблюдениям за плодородием горно-луговых почв субальпийского пояса Центрального Кавказа, следует отметить, что традиционный метод определения водопрочности почвенных агрегатов неоправданно завышает показатели в связи с несовершенством методики определения.

Учитывая предложенную модернизацию методики исследований, водопрочность горных почв была пересчитана в зависимости от содержания щебенки глинистых сланцев в объеме 30,53–34,10 % в разные периоды наблюдений. Проведенные расчеты показали, что даже с данными методическими изменениями почва остается удовлетворительной по водопрочности на всех вариантах, кроме естественной растительности. В первом периоде исследований усредненный показатель водопрочности по севообороту равнялся 47,99, а во втором периоде составил 47,29 %.

Также следует отметить тенденцию изменения процента водопрочности в течение вегетации под отдельными культурами. По мере развития растений водопрочность возрастает в посевах многолетних трав, зерновых и естественной растительности.

Выводы. Водопрочность почвы под влиянием культур севооборота демонстрирует незначительное снижение в динамике. Тем не менее, отдельно следует отметить группы растений, которые благоприятно влияют на сохранение или повышение водопрочности почвенной структуры. К ним относятся естественные горно-луговые сообщества, многолетние травы, а также зерновые культуры, способные поддерживать стабильные значения данного параметра на протяжении всего периода вегетации.

Список источников

1. Дибирова Р. З., Гаджиев И. Р., Биарсланов А. Б. Исследование структуры и водопрочности почв высокогорий на содержание агрономически ценных агрегатов // Вестник Дагестанского научного центра РАН. 2024. № 95. С. 45–50. DOI: 10.31029/vestdnc95/7. EDN: DKQZWB.
2. Degradation and restoration of mountain pastures / S. Bekuzarova, S. Kozyrev, A. Kozyrev, G. Luschenko, A. Bekmurzov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science “International Symposium “Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects”, Moscow, 10 March 2020. 2020. Vol. 579. Article number: 012046. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012046. EDN: AISIMF.
3. Land fund and its use in agricultural production in the Russian Federation / B. A. Kozyrev, E. N. Tsoraeva, L. Zh. Basieva, L. M. Hugaeva // International scientific and practical conference “Ensuring sustainable development: agriculture, ecology and earth science” (AEES 2021). London, Virtual, 27–29 okt. 2021. 2022. Vol. 1010. Article number: 012085. DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012085. EDN: DSOVLJ.
4. Оценка структурного состояния склоновых почв юга Витимского плоскогорья / Н. Б. Бадмаев, Н. Н. Дармаева, Л. Д. Балсанова, А. Д. Манханов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2022. № 2(67). С. 179–185. DOI: 10.34655/bgsha.2022.67.2.023. EDN: GUSPOA.
5. Изменение противозерозионной стойкости орошаемых серо-коричневых почв сухой субтропической зоны Азербайджана в зависимости от давности их орошения / Э. А. Гурбанов, Ф. М. Рамазанова, С. М. Гусейнова, З. Р. Гурбанова // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2021. № 56. С. 33–59. DOI: 10.17223/19988591/56/2. EDN: HDQCIF.
6. Рычкова М. И. Водопрочность почвы и урожайность озимой пшеницы в зависимости от способа основной обработки и предшественника на эрозионно-опасном склоне // Живые и биокосные системы. 2020. № 31. 4 с. EDN: RFSPFP.
7. Пространственно-временная неоднородность агрофизических показателей черноземных почв в склоновых агроландшафтах / Н. В. Афонченко, А. Н. Золотухин, О. Г. Чуян, В. В. Двойных // Земледелие. 2024. № 5. С. 3–8. DOI: 10.24412/0044-3913-2024-5-3-8. EDN: BGUABO.
8. Влияние ресурсосберегающей технологии No-till на агрофизические и биологические свойства чернозема обыкновенного Башкирского Зауралья / Г. Р. Ильбулова, Я. Т. Суюндуков, И. Н. Семенова, Р. Ф. Хасанова, М. Б. Суюндукова, Х. М. Сафин // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 4. С. 66–71. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_66. EDN: MHRIBI.
9. Кузьмина Т. Е., Володина Т. И., Левченкова А. Н. Агроэкологическая оценка

дерново-подзолистых почв по агрохимическим и агрофизическим свойствам в условиях Псковской области // Агрохимический вестник. 2022. № 1. С. 17–21. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-1-004. EDN: LGOMJG.

10. Подлесных И. В., Прущик А. В., Зарудная Т. Я. Новый методический подход к оценке влияния агролесоландшафтного комплекса на почву и урожайность сельскохозяйственных культур // Земледелие. 2022. № 6. С. 16–21. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-16-21. EDN: AXJTCD.

11. Кучиев С. Э., Басиева Л. Ж., Мамсиров Н. И. Мониторинг агрегатного состава почвы под различными культурами в горной зоне Северной Осетии // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59, № 4. С. 46–53. DOI: 10.54258/20701047_2022_59_4_46. EDN: RFNMPT.

12. Мамиев Д. М. Эффективность травопольного севооборота в предгорной зоне РСО – Алания // Аграрная наука. 2021. № 10. С. 80–83. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-353-10-80-83. EDN: DKXGWB.

13. Мищенко А. В. Структурное состояние черноземов обыкновенных в посевах сои на эрозионно опасном склоне // Агрофизика. 2022. № 4. С. 8–14. DOI: 10.25695/AGRPH.2022.04.02. EDN: PCUPMJ.

14. Кузина Е. В. Зависимость структурно-функциональных свойств почвы от ее обработки при возделывании горчицы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17, № 1(65). С. 15–19. DOI: 10.12737/2073-0462-2022-15-19. EDN: JGSUEU.

15. Влияние системы основной обработки почвы на структуру чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / Т. В. Логойда, А. А. Макаренко, В. С. Баландин, А. А. Магомедтагиров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 112. С. 155–166. DOI: 10.21515/1999-1703-112-155-166. EDN: KKDNTV.

16. Саввинов Н. И. Структура почвы и ее прочность на целине, перелог и старопахотных участках / под ред. В. Р. Вильямса; Всес. акад. с.-х. наук им. Ленина, Ин-т агропочвоведения. М.: Гос. изд-во с.-х. и колхоз.-кооп. лит-ры, 1931. 46 с.

References

1. Dibirova R.Z., Gadzhiev I.R., Biarslanov A.B., 2024. *Issledovanie struktury i vodo-prochnosti pochv vysokogor'iy na sodержание agronomicheski tsennykh agregatov* [Study of the structure and water resistance of highland soils for the content of agronomically valuable aggregates]. *Vestnik Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN* [Bulletin of Dagestan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], no. 95, pp. 45-50, DOI: 10.31029/vestdnc95/7, EDN: DKQZWB. (In Russian).

2. Bekuzarova S., Kozyrev S., Kozyrev A., Luschenko G., Bekmurzov A., 2020. Degradation and restoration of mountain pastures. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science “International Symposium “Earth Sciences: History, Contemporary Issues and Prospects”. Moscow, 10 March 2020, vol. 579, article number: 012046, DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012046, EDN: AISIMF.

3. Kozyrev B.A., Tsoraeva E.N., Basieva L.Zh., Hugaeva L.M., 2022. Land fund and its use in agricultural production in the Russian Federation. International scientific and practical conference “Ensuring sustainable development: agriculture, ecology and earth science” (AEES 2021). London, Virtual, 27–29 oct. 2021, vol. 1010, article number: 012085, DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012085, EDN: DSOVLJ.

4. Badmaev N.B., Darmaeva N.N., Balsanova L.D., Mankhanov A.D., 2022. *Otsenka strukturnogo sostoyaniya sklonovykh pochv yuga Vitimskogo ploskogor'ya* [Evaluation of the structural status of slope soils in the southern part of the Vitim Plateau]. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V. R. Filippova* [Bulletin of Buryat

State Agricultural Academy named after V. R. Filippov], no. 2(67), pp. 179-185, DOI: 10.34655/bgsha.2022.67.2.023, EDN: GUSPOA. (In Russian).

5. Gurbanov E.A., Ramazanov F.M., Guseinova S.M., Gurbanova Z.R., 2021. *Izmenenie protivoerozionnoy stoykosti oroshaemykh sero-korichnevykh pochv sukhoy subtropicheskoy zony Azerbaydzhana v zavisimosti ot davnosti ikh orosheniya* [Changes in anti-erosion resistance of irrigated grey Cinnomanic soils of the dry subtropical zone of Azerbaijan depending on the age of irrigation]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya* [Bulletin of Tomsk State University. Biology], no. 56, pp. 33-59, DOI: 10.17223/19988591/56/2, EDN: HDQCIF. (In Russian).

6. Rychkova M.I., 2020. *Vodoprochnost' pochvy i urozhaynost' ozimoy pshenitsy v zavisimosti ot sposoba osnovnoy obrabotki i predshestvennika na erozionno-opasnom skлоне* [Soil water quality and winter wheat yield depending on the method of main processing and the precursor on the erosion-dangerous slope]. *Zhivye i biokosnye sistemy* [Live and Biobiotoc Systems], no. 31, 4 p., EDN: RFSPFP. (In Russian).

7. Afonchenko N.V., Zolotukhin A.N., Chuyan O.G., Dvoynikh V.V., 2024. *Prostranstvenno-vremennaya neodnorodnost' agrofizicheskikh pokazateley chernozemnykh pochv v sklonovykh agrolandshaftakh* [Spatio-temporal heterogeneity of agrophysical indicators of chernozem soils in slope agricultural landscapes]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 5, pp. 3-8, DOI: 10.24412/0044-3913-2024-5-3-8, EDN: BGUABO. (In Russian).

8. Ilbulova G.R., Suyundukov Ya.T., Semenova I.N., Khasanova R.F., Suyundukova M.B., Safin Kh.M., 2022. *Vliyanie resursosberegayushchey tekhnologii No-till na agrofizicheskie i biologicheskie svoystva chernozema obyknovennogo Bashkirskogo Zaural'ya* [Influence of resource-saving No-till technology on the agrophysical and biological properties of ordinary chernozem in the Bashkir Trans-Urals]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex], vol. 36, no. 4, pp. 66-71, DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_66, EDN: MHRIBI. (In Russian).

9. Kuzmina T.E., Volodina T.I., Levchenkova A.N., 2022. *Agroekologicheskaya otsenka dernovo-podzolistykh pochv po agrokhimicheskim i agrofizicheskim svoystvam v usloviyakh Pskovskoy oblasti* [Agroecological assessment of soddy-podzolic soils by agrochemical and agrophysical properties under conditions of Pskov region]. *Agrokhimicheskii vestnik* [Agrochemical Bulletin], no. 1, pp. 17-21, DOI: 10.24412/1029-2551-2022-1-004, EDN: LGOMJG. (In Russian).

10. Podlesnykh I.V., Prushchik A.V., Zarudnaya T.Ya., 2022. *Novyy metodicheskiy podkhod k otsenke vliyaniya agrolesolandshaftnogo kompleksa na pochvu i urozhaynost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [A new methodological approach to assessing the impact of an agroforestry and landscape complex on soil and crop yields]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 6, pp. 16-21, DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-16-21, EDN: AXJTCD. (In Russian).

11. Kuchiev S.E., Basieva L.Zh., Mamsirov N.I., 2022. *Monitoring agregatnogo sostava pochvy pod razlichnymi kul'turami v gornoy zone Severnoy Osetii* [Monitoring of the soil aggregate composition under various crops in the mountainous zone of North Ossetia]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Gorsk State Agrarian University], vol. 59, no. 4, pp. 46-53, DOI: 10.54258/20701047_2022_59_4_46, EDN: RFNMPT. (In Russian).

12. Mamiev D.M., 2021. *Effektivnost' travopol'nogo sevooborota v predgornoy zone RSO – Alaniya* [Efficiency of grass-field crop rotation in the foothill zone of the Republic of North Ossetia – Alania]. *Agrarnaya nauka* [Agrarian Science], no. 10, pp. 80-83, DOI: 10.32634/0869-8155-2021-353-10-80-83, EDN: DKXGWB. (In Russian).

13. Mishchenko A.V., 2022. *Strukturnoe sostoyanie chernozemov obyknovennykh v posevakh soi na erozionno opasnom skлоне* [The structural state of ordinary chernozems under soybean crops on an erosion-prone slope]. *Agrofizika* [Agrophysics], no. 4, pp. 8-14, DOI: 10.25695/AGRPH.2022.04.02, EDN: PCUPMJ. (In Russian).

14. Kuzina E.V., 2022. *Zavisimost' strukturno-funktsional'nykh svoystv pochvy ot yeye obrabotki pri vozdeystvii gorchitsy* [Dependence of soil structural and functional properties on its treatment during mustard growing]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of Kazan State Agrarian University], vol. 17, no. 1(65), pp. 15-19, DOI: 10.12737/2073-0462-2022-15-19, EDN: JGSUEU. (In Russian).

15. Logoida T.V., Makarenko A.A., Balandin V.S., Magomedtagirov A.A., 2024. *Vliyanie sistemy osnovnoy obrabotki pochvy na strukturu chernozema vyshchelochennogo Zapadnogo Predkavkaz'ya* [The influence of the basic tillage system on the leached chernozem structure of the Western Caucasus]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceed. of Kuban State Agrarian University], no. 112, pp. 155-166, DOI: 10.21515/1999-1703-112-155-166, EDN: KKDNTV. (In Russian).

16. Savvinov N.I., 1931. *Struktura pochvy i yeye prochnost' na tseline, perelege i staropakhotnykh uchastkakh* [Soil Structure and Its Strength on Virgin Land, the Fallow and long-arable areas]. Edit. by V. R. Williams; All-Union Academy of Agricultural Sciences named after Lenin, Institute of Agro-Soil Science. Moscow, Selkolkhozgiz State Publ., 46 p. (In Russian).

Информация об авторах

С. Э. Кучиев – доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Горский государственный аграрный университет (362040, Республика Северная Осетия – Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, д. 37), sergio_k73@mail.ru, AuthorID: 801765, ORCID: 0000-0002-1953-6724;

А. Х. Козырев – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Владикавказского научного центра РАН (363110, Республика Северная Осетия – Алания, р-н Пригородный, с. Михайловское, ул. Вильямса, д. 1), ironlag@mail.ru, AuthorID: 149204, ORCID: 0000-0003-2790-7895.

Information about the authors

S. E. Kuchiev – Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Gorsky State Agrarian University (362040, Republic of North Ossetia – Alania, Vladikavkaz, Kirova str., 37), sergio_k73@mail.ru, AuthorID: 801765, ORCID: 0000-0002-1953-6724;

A. Kh. Kozyrev – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – branch of the Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (363110, Republic of North Ossetia – Alania, Prigorodny District, Mikhailovskoye Village, Williams str. 1), ironlag@mail.ru, AuthorID: 149204, ORCID: 0000-0003-2790-7895.

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 09.07.2025; одобрена после рецензирования 02.12.2025; принята к публикации 04.12.2025.

The article was submitted 09.07.2025; approved after reviewing 02.12.2025; accepted for publication 04.12.2025.