

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 631.43:631.51:631.8

doi: 10.31774/2712-9357-2026-16-3-242-263

Влияние приемов основной обработки почвы, средств химизации и биологизации на агрофизические показатели черноземных почв Центрального Предкавказья

Фатима Дадаевна Елмурзаева¹, Мовсар Мусаевич Мустаев²,
Магомед Шиблуевич Гаплаев³, Асланбек Хасанович Козырев⁴,
Догмара Абдуллаевна Сулипова⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Грозный,
Российская Федерация

¹chechniish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2928-5997>

²movsar.mustaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1753-479X>

³gaplaev63@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6638-6397>

⁴ironlag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>

⁵chechniish@mail.ru

Аннотация. Цель: установить влияние приемов основной обработки почвы, реализуемых в сочетании с внесением органических и минеральных удобрений, биопрепаратов и использованием возобновляемых биоресурсов, на агрофизические показатели черноземных почв. **Материалы и методы.** Эксперименты проводились в лесостепной зоне Центрального Предкавказья и охватывали три республики – Чеченскую, Кабардино-Балкарскую и Северную Осетию. Объекты исследований – различные подтипы черноземов. Схема опыта включала приемы основной обработки почвы, применение биопрепарата, минеральных и органических удобрений. **Результаты.** Плотность почвы в пахотном слое черноземов варьировала в пределах 1,17–1,41 г/куб. см, большей уплотненностью характеризовались типичные и обыкновенные. При традиционной вспашке плотность почвы к началу вегетации составляла от 1,22 до 1,33 г/куб. см, уплотняясь к концу вегетации на 0,01–0,04 ед. Заделка сидеральной массы увеличивала влажность пахотного слоя во всех зонах исследований на 3–4 %, внесение навоза – на 2–3 % наименьшей влагоемкости. При использовании органических удобрений водопропрочность почвенных агрегатов к концу вегетации в черноземах типичных снижалась на 2,1–3,9 %, в обыкновенных – на 2,2–3,6 %, выщелоченных – на 2,9–3,8 %. **Выводы.** Чизелевание, обеспечивающее глубокое рыхление и аэрацию почвы, снижало объемную массу почвы во всех зонах исследований. Поверхностная обработка обеспечивала формирование наибольшей объемной массы пахотного слоя. Использование сидерации или внесение навоза снижало плотность почвы во всех зонах исследований к моменту весеннего сева на 0,03–0,07 г/куб. см. Совместное применение органических удобрений с минеральными и дискованием в качестве основной обработки почвы способно нивелировать негативные последствия засушливых периодов, влажность почвы возможно поддерживать не ниже уровня влажности разрыва капилляров. Максимальная водопропрочность почвенных агрегатов формировалась при использовании дискования в качестве основной обработки на фоне применения сидерального удобрения или навоза.

Ключевые слова: обработка почвы, органические удобрения, сидераты, биопрепараты, плотность сложения, влагообеспеченность, водопропрочность

Источник финансирования: исследование выполнено по государственному заданию НИОКТР № 126011215428-3 при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Для цитирования: Влияние приемов основной обработки почвы, средств химизации и биологизации на агрофизические показатели черноземных почв Центрального Предкавказья / Ф. Д. Елмурзаева, М. М. Мустаев, М. Ш. Гаплаев, А. Х. Козырев, Д. А. Сулипова // Мелиорация и гидротехника. 2026. Т. 16, № 3. С. 242–263. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-3-242-263>.

GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

The influence of primary tillage, chemical and biological means on the agrophysical parameters of chernozem soils in the Central Ciscaucasia

Fatima D. Elmurzaeva¹, Movsar M. Mustaev², Magomed Sh. Gaplaev³,
Aslanbek Kh. Kozyrev⁴, Dogmara A. Sulipova⁵

^{1, 2, 3, 4, 5}Chechen Research Institute of Agricultural, Grozny, Russian Federation

¹chechniish@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2928-5997>

²movsar.mustaev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1753-479X>

³gaplaev63@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6638-6397>

⁴ironlag@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>

⁵chechniish@mail.ru

Abstract. Purpose: to determine the effect of primary tillage practices implemented in combination with the application of organic and mineral fertilizers, biopreparations and the use of renewable bioresources on the agrophysical parameters of chernozem soils. **Materials and methods.** The experiments were conducted in the forest-steppe zone of the Central Ciscaucasia and covered three republics: Chechen, Kabardino-Balkarian and North Ossetia. The objects of research were different subtypes of chernozems. The experimental design included primary practices, the use of a biopreparation, mineral and organic fertilizers. **Results.** The plow-layer density in the arable chernozem varied within 1.17–1.41 g/cub. cm, with typical and ordinary soils being more compact. With traditional plowing, the soil density by the beginning of the growing season ranged from 1.22 to 1.33 g/cub. cm, compacting by the end of the growing season by 0.01–0.04 units. The green manure application increased the moisture content of the arable layer in all study zones by 3–4%, while the application of manure decreased it by 2–3 % of the lowest moisture capacity. With the application of organic fertilizers, the soil water stability aggregates by the end of the growing season in typical chernozems decreased by 2.1–3.9 %, in ordinary chernozems by 2.2–3.6 %, and in leached chernozems by 2.9–3.8 %. **Conclusions.** Chisel tillage, which ensures deep loosening and soil aeration, reduced the soil bulk density in all study zones. Surface tillage ensured the formation of the greatest arable plow-layer density. The green manure application or the manure application reduced the soil density in all study zones by the time of spring sowing by 0.03–0.07 g/cub. cm. The combined use of organic fertilizers, mineral fertilizers, and disking as primary tillage can mitigate the negative effects of dry periods; soil moisture can be maintained at or above the capillary rupture point. The maximum water stability of soil aggregates was achieved when disking was used as primary tillage, along with the application of green manure or manure.

Keywords: soil tillage, organic fertilizers, green manure, biological products, bulk density, water availability, soil water stability

Funding source: the study was conducted under State Assignment No. 126011215428-3 with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

For citation: Elmurzaeva F. D., Mustaev M. M., Gaplaev M. Sh., Kozyrev A. Kh., Sulipova D. A. The influence of primary tillage, chemical and biological means on the agrophysical parameters of chernozem soils in the Central Ciscaucasia. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2026;16(3):242–263. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-3-242-263>.

Введение. В настоящее время к системе земледелия предъявляются требования, среди которых особое внимание уделяется интенсификации производства экологически безопасной сельскохозяйственной продукции [1, 2]. Зачастую интенсификация проводится при широком применении средств химизации, необоснованном увеличении механической обработки почвы, что вызывает ухудшение почвенного плодородия, в т. ч. дефицит органического вещества в почве и снижение ее биологической активности, это отрицательно сказывается на урожайности и качестве продукции [3]. Однако существуют пути интенсификации земледелия, альтернативные вышеперечисленным, к которым относятся: увеличение использования легковозобновляемых биоресурсов, минимизация почвенных обработок, они позволяют обеспечить устойчивость экосистемы, сохранение и дальнейшее воспроизводство плодородия почвы. Эти меры способствуют также высокой окупаемости ресурсо- и энергозатрат [4, 5].

Система основной обработки почвы, основанная на научных принципах и предусматривающая сочетание органических и минеральных удобрений с применением возобновляемых биологических ресурсов и биопрепаратов, рассматривается как главный фактор сохранения и восстановления почвенного плодородия [6, 7]. Именно такой подход обеспечивает стабильность производства продукции растениеводства. Вместе с тем внедрение указанного комплекса агротехнических мероприятий в структуру севооборотов невозможно без детальной оценки его результативности, которая должна учитывать биологические особенности возделываемых

культур, тип и текущее состояние почв, а также гидротермические условия вегетационного периода [8, 9].

Исторически методы обработки почвы неоднократно трансформировались, что было связано с развитием сельскохозяйственной техники, изменениями климата и усилением антропогенной нагрузки на природные экосистемы. В современных условиях приоритет у таких приемов, которые не только обеспечивают высокие урожаи, но и способствуют сохранению экологического равновесия [10]. Поддержание благоприятных агрофизических характеристик пахотного слоя, оптимального содержания гумуса и элементов минерального питания рассматривается как обязательная составляющая устойчивого земледелия. Эффективная система обработки почвы должна учитывать взаимосвязь экологических и технологических факторов, направленных на оздоровление почвенной среды и долговременную устойчивость агроценозов [11, 12].

При выборе оптимального способа учитывают сочетание природных и производственных факторов. Существенное значение имеют климатические условия, тип и состояние почвы, биологические особенности возделываемых культур, уровень технического обеспечения хозяйства и его экономические возможности. Каждый прием по-своему трансформирует строение пахотного горизонта и влияет на его агрофизические и физико-химические параметры, включая плотность сложения, структуру агрегатов и способность пропускать воду [13, 14].

Почва, подготовленная качественно, должна способствовать беспрепятственному проникновению влаги в зону размещения корней и тем самым обеспечивать полноценный рост растений. Оптимальное сочетание твердой фазы и системы капиллярных и некапиллярных пор, формируемое в процессе рыхления и последующего естественного уплотнения, создает благоприятные условия аэрации и водообеспечения, необходимые для устойчивой жизнедеятельности сельскохозяйственных культур [15, 16].

Актуальность исследований вызвана тенденцией снижения уровня плодородия почв и вследствие этого продуктивности культур на большей части земель сельскохозяйственного назначения Центрального Предкавказья.

Цель исследований заключалась в установлении влияния приемов основной обработки почвы, реализуемых в сочетании с внесением органических и минеральных удобрений, использованием биопрепаратов и возобновляемых биоресурсов, на агрофизические показатели пахотного слоя различных подтипов черноземных почв в условиях Центрального Предкавказья.

Материалы и методы. Исследования выполняются на протяжении ряда лет (начиная с 2022 г.) в лесостепной зоне Центрального Предкавказья и включают три региона – Чеченскую Республику (ЧР), Кабардино-Балкарскую Республику (КБР) и Республику Северная Осетия – Алания (РСО-Алания).

Почвенные и климатические условия республик существенно различаются: заметные колебания состава почв, температурного режима и количества осадков наблюдаются даже при относительно небольших расстояниях, что связано с неодинаковой высотой местности над уровнем моря. Значимое влияние на формирование климата региона оказывает также гористый характер ландшафта.

На территории Чеченской Республики почва опытного участка представлена черноземом типичным среднесиловым тяжелосуглинистым, подстилаемым галечником. В пахотном слое содержится 4,2 % гумуса (по Тюрину), содержание подвижных форм фосфора и калия (по Мачигину) составляет 15 и 133 мг/кг соответственно. Реакция почвенного раствора нейтральная (pH_{KCl} 7,07).

В Кабардино-Балкарской Республике исследования проводятся на черноземах обыкновенных мицеллярно-карбонатных среднесиловых тяжелосуглинистых. Почва характеризуется высоким содержанием гумуса – 5,5 %, а также повышенным уровнем подвижных форм питательных эле-

ментов (по Мачигину): фосфора – 28 мг/кг и калия – 207 мг на 1 кг почвы. Реакция почвенного раствора слабощелочная (pH_{KCl} 7,18).

В Республике Северная Осетия – Алания исследования проводятся на черноземах выщелоченных среднесуглинистых, подстилаемых галечником. Содержание гумуса высокое – 6,1 %. Подвижные формы питательных элементов (по Чирикову) составляют: азот – 84 мг/кг, фосфор – 71 мг/кг и калий – 167 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора слабокислая (pH_{KCl} 6,12).

Климат лесостепной зоны Центрального Предкавказья в целом является благоприятным для сельскохозяйственного производства и характеризуется достаточным уровнем теплообеспеченности. Сумма эффективных температур в течение вегетационного периода составляет 3000–3200 °С в Северной Осетии, достигает 3300 °С в Кабардино-Балкарии и повышается до 3400–3600 °С в Чеченской Республике. Годовое количество осадков колеблется от 450–600 мм (ЧР) до 650–800 мм (РСО-Алания), причем основная доля осадков приходится на весенне-летний период.

Объектами исследований являлись различные подтипы черноземов Центрального Предкавказья – чернозем типичный, чернозем обыкновенный, чернозем выщелоченный. Предмет исследований – агрофизические показатели почв.

Закладку и проведение полевого опыта осуществляли по общепринятым методикам. Варианты опыта размещали методом расщепленных делянок в зернопропашном севообороте на посевах гороха (2023–2025 гг.).

Схема опыта предусматривала следующие варианты:

- приемы основной обработки почвы (фактор А) – вспашка на глубину 25–30 см с использованием навесного плуга ПН-4-35, дискование на глубину 10–15 см с дисковой бороной БДМ-3×4, а также чизелевание на глубину 30–40 см с применением чизеля-глубококорыхлителя D 380 NS;
- удобрения и биопрепарат на фоне последствия сидерата и внесе-

ния навоза (фактор В) – без удобрений и биопрепарата, $N_{23}P_{60}K_{60}$ + сидерат, биопрепарат + сидерат, $N_{23}P_{60}K_{60}$ + биопрепарат + сидерат, $N_{23}P_{60}K_{60}$ + навоз, биопрепарат + навоз, $N_{23}P_{60}K_{60}$ + биопрепарат + навоз.

В качестве сидеральной культуры использовалась редька масличная, запашка биомассы которой осуществлялась в фазе цветения (третья декада июня) в год, предшествующий исследованиям. Полуперепревший навоз вносился осенью предыдущего года в дозе 30 т/га. Основная обработка почвы проводилась осенью. Весной, в процессе предпосевной обработки почвы, вносили диаммофоску (N – 10 %, P – 26 %, K – 26 %) в дозе $N_{23}P_{60}K_{60}$, которая была одинаковой для всех опытных участков.

Биопрепарат Can19L (жидкая форма) был разработан во Всероссийском научно-исследовательском институте сельскохозяйственной микробиологии на основе эндофитной бактерии *Bacillus halotolerans*, изолированной из листьев мари белой (*Chenopodium album*). Обработка семян перед посевом проводилась 10%-ным раствором этого биопрепарата в количестве 1 л на 1 т семян, с расходом рабочего раствора 10 л на 1 т, за день до посева.

Определение агрофизических показателей проводилось: объемной массы (плотности) – по методу Качинского; водопрочности структурных агрегатов – по методу Андрианова; влажности почвы от НВ (наименьшей влагоемкости) – термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89).

Статистическая обработка полученных результатов проведена методом дисперсионного анализа с использованием программного пакета Microsoft Office.

Результаты и обсуждение. Агрофизические показатели почвы определяют ее плодородие и продуктивность сельскохозяйственных культур. Современные исследования подтверждают, что комплексное воздействие обработки, химизации и биологизации является ключевым фактором управления качеством агроэкосистем.

Плотность сложения пахотного слоя – это фундаментальная характеристика, определяющая водно-воздушный и тепловой режимы почвы. В наших исследованиях плотность почвы в пахотном слое черноземов варьировала в пределах 1,17–1,41 г/см³, при этом несколько большей уплотненностью характеризовались типичные и обыкновенные (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние приемов основной обработки почвы с использованием средств химизации и биологизации на плотность пахотного слоя в агроценозах гороха (среднее за 3 года)

В г/см³

Table 1 – The influence of primary tillage practices with application of chemical and biological means on plow-layer density in pea agrocenoses (average over 3 years)

In g/cm³

№ ва- ри- анта	Вариант							
	Средство химизации и биологизации (фактор В)	Прием основной обработки почвы (фактор А)						
		Чизелевание		Дискование		Вспашка		
		Н. В.*	К. В.**	Н. В.	К. В.	Н. В.	К. В.	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Чернозем типичный (лесостепная зона, Чеченская Республика)								
1	Контроль		1,26	1,31	1,34	1,41	1,31	1,35
2	Си- дерат	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	1,23	1,25	1,29	1,33	1,27	1,29
3		Can19L	1,22	1,24	1,30	1,32	1,27	1,28
4		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	1,23	1,24	1,29	1,32	1,28	1,29
5	Навоз	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	1,21	1,23	1,28	1,30	1,25	1,27
6		Can19L	1,20	1,22	1,28	1,29	1,26	1,27
7		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	1,21	1,23	1,29	1,30	1,25	1,28
HCP ₀₅ А / HCP ₀₅ В / HCP ₀₅ АВ			0,017 / 0,013 / 0,025 (для начала вегетации) 0,013 / 0,011 / 0,022 (для конца вегетации)					
Чернозем обыкновенный (лесостепная зона, Кабардино-Балкарская Республика)								
1	Контроль		1,26	1,29	1,33	1,41	1,33	1,37
2	Си- дерат	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	1,23	1,24	1,30	1,31	1,29	1,30
3		Can19L	1,22	1,23	1,29	1,31	1,27	1,29
4		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	1,22	1,24	1,31	1,32	1,28	1,29
5	Навоз	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	1,21	1,23	1,30	1,31	1,27	1,27
6		Can19L	1,19	1,21	1,28	1,30	1,27	1,27
7		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	1,21	1,23	1,29	1,31	1,25	1,26
HCP ₀₅ А / HCP ₀₅ В / HCP ₀₅ АВ			0,015 / 0,011 / 0,022 (для начала вегетации) 0,012 / 0,010 / 0,023 (для конца вегетации)					
Чернозем выщелоченный (лесостепная зона, РСО-Алания)								
1	Контроль		1,23	1,27	1,31	1,37	1,27	1,31
2	Си- дерат	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	1,19	1,21	1,27	1,29	1,24	1,26
3		Can19L	1,20	1,21	1,28	1,29	1,25	1,26
4		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	1,19	1,20	1,29	1,30	1,24	1,25

Продолжение таблицы 1

Table 1 continued

1	2		3	4	5	6	7	8
5	Навоз	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	1,18	1,19	1,25	1,27	1,22	1,24
6		Can19L	1,17	1,18	1,24	1,26	1,23	1,25
7		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	1,18	1,19	1,25	1,27	1,23	1,24
HCP ₀₅ A / HCP ₀₅ B / HCP ₀₅ AB			0,018 / 0,012 / 0,024 (для начала вегетации) 0,015 / 0,009 / 0,020 (для конца вегетации)					
*Н. в. – начало вегетации; **к. в. – конец вегетации.								

Приемы основной обработки почвы (фактор А) напрямую влияли на сложение пахотного слоя. Чизелевание, обеспечивающее глубокое рыхление и аэрацию почвы, достоверно снижало объемную массу почвы во всех зонах исследований до 1,17–1,26 г/см³ к моменту посева гороха. К концу вегетации гороха плотность почвы увеличивалась на 0,01–0,05 единицы. При традиционной вспашке с оборотом пласта плотность почвы к началу вегетации составляла от 1,22 до 1,33 г/см³, повышаясь к концу вегетации на 0,01–0,04 единицы. Дискование, обеспечивавшее рыхление лишь верхнего горизонта, обеспечивало формирование наибольшей объемной массы пахотного слоя – 1,25–1,34 г/см³. Естественное уплотнение почвы к моменту уборки гороха достигало 0,01–0,08 единицы.

Более существенное воздействие на плотность сложения почвы оказало использование удобрений (фактор В), особенно органических. Заделывание в почву сидеральной массы достоверно снижало плотность почвы во всех зонах исследований к моменту весеннего сева на 0,03–0,05 г/см³, внесение полуперепревшего навоза – на 0,03–0,07 г/см³.

Оценивая комплексное действие приемов основной обработки почвы и средств биологизации (фактор АВ), следует отметить, что дискование почвы на фоне последствия сидерата и внесения навоза обеспечивало достоверно большую плотность сложения пахотного слоя: 1,24–1,31 г/см³ в начале вегетации и 1,26–1,33 г/см³ в конце вегетации.

Вспашка на глубину до 30 см лучше разрыхляла пахотный слой и

в совокупности с сидеральным удобрением снижала плотность почвы до 1,27–1,30 г/см³ в условиях типичных и обыкновенных черноземов, до 1,24–1,26 г/см³ в условиях черноземов выщелоченных. Вспашка на фоне применения навоза снижала плотность почвы до 1,22–1,28 г/см³, при этом меньшими значениями характеризовались черноземы выщелоченные.

Наименьшими показателями плотности сложения обладали варианты с чизелеванием на глубину до 40 см. На фоне заделки сидеральной массы плотность сложения снижалась до 1,22–1,25 г/см³ в условиях типичных и обыкновенных черноземов, до 1,19–1,21 г/см³ в условиях черноземов выщелоченных. Чизелевание на фоне применения навоза обеспечило наименьшие показатели плотности сложения почв во всех регионах исследований. Так, черноземы типичные и обыкновенные к началу вегетации имели объемную массу пахотного слоя в диапазоне 1,19–1,21 г/см³, к концу вегетации – 1,21–1,23 г/см³, черноземы выщелоченные соответственно 1,17–1,18 и 1,18–1,19 г/см³.

Естественное уплотнение почвы к концу вегетации гороха при использовании органических удобрений было минимальным и находилось в пределах 0,01–0,02 г/см³, тогда как в контрольных вариантах уплотнение почвы в течение вегетации достигало 0,03–0,04 г/см³ при вспашке и чизелевании и 0,06–0,08 г/см³ – при дисковании.

Изменения в плотности почвы, обусловленные применением минеральных форм удобрений и биопрепарата, как в начале, так и к концу вегетации составляли $\pm 0,01$ г/см³ и согласно дисперсионному анализу данных не являлись существенными.

Вода представляет собой главный природный фактор, определяющий существование и функционирование растительного организма. Без влаги невозможно начало жизненного цикла растений. В дальнейшем водообеспеченность определяет темпы роста, морфологическое развитие культур, а также активность почвенных микроорганизмов и животных, участвую-

щих в формировании плодородного слоя. Посредством воды из почвы в растения поступают необходимые элементы минерального питания. Одновременно транспирация, происходящая через листовую поверхность, играет важную роль в поддержании благоприятного теплового режима. Большинство физико-химических и биологических процессов в почве, включая перенос, преобразование и перераспределение веществ, протекают лишь при участии значительных объемов влаги.

Эффективное использование потенциального плодородия почвы невозможно при дефиците воды. В то же время при ограниченном обеспечении элементами питания даже оптимальное содержание влаги не приводит к высоким показателям продуктивности, так как вода расходуется нерационально и не обеспечивает полноценный рост растений.

Применение удобрений способствует увеличению доли доступных для растений форм питательных веществ. При достаточной увлажненности почвенного профиля улучшается их растворение без существенного роста концентрации почвенного раствора, что создает благоприятные условия для поглощения элементов питания корневой системой. В таких условиях активизируется разложение органического вещества и увеличивается вынос макро- и микроэлементов с урожаем.

Наиболее интенсивный рост растений достигается при определенном уровне влажности корнеобитаемого слоя, который варьирует в зависимости от культуры. В среднем оптимальные значения находятся в пределах 60–90 % наименьшей влагоемкости (НВ). Так, для многолетних трав характерны более высокие требования к влаге, для зерновых культур – умеренные, а пропашные растения занимают промежуточное положение.

Формирование запасов почвенной влаги определяется погодными факторами, включая объем выпавших осадков, температурный режим, относительную влажность воздуха, а также условия, влияющие на сохранение или потери воды. Результаты наших наблюдений показали значитель-

ную неравномерность распределения влаги как между отдельными полями, так и в пределах одного участка. Одна из ключевых причин этого явления – особенности применяемых агротехнических приемов, оказывающих заметное влияние на водный режим почвы (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние приемов основной обработки почвы с использованием средств химизации и биологизации на влажность почвы в агроценозах гороха (среднее за 3 года)

B % HB

Table 2 – The influence of primary tillage practices with application of chemical and biological means on soil moisture in pea agrocenoses (average over 3 years)

In % of the lowest moisture capacity

№ ва- ри- анта	Вариант							
	Средство химизации и биологизации (фактор В)		Прием основной обработки почвы (фактор А)					
			Чизелевание		Дискование		Вспашка	
			Н. В.*	К. В.**	Н. В.	К. В.	Н. В.	К. В.
1	2		3	4	5	6	7	8
Чернозем типичный (лесостепная зона, Чеченская Республика)								
1	Контроль		59,5	53,1	60,2	54,1	57,5	49,6
2	Си- дерат	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	62,1	54,9	63,3	56,9	61,0	53,4
3		Can19L	60,7	54,3	61,5	56,2	60,2	52,2
4		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	63,2	56,8	66,8	58,8	61,1	54,3
5	Навоз	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	61,4	54,5	62,7	56,7	59,9	53,1
6		Can19L	60,2	54,0	61,2	56,3	59,4	52,2
7		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	62,0	56,2	63,4	58,4	60,3	54,0
HCP ₀₅ А / HCP ₀₅ В / HCP ₀₅ АВ			0,68 / 1,61 / 1,92 (для начала вегетации) 0,87 / 1,12 / 1,72 (для конца вегетации)					
Чернозем обыкновенный (лесостепная зона, Кабардино-Балкарская Республика)								
1	Контроль		62,0	56,1	63,5	58,2	61,1	53,3
2	Си- дерат	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	66,3	58,8	68,0	60,2	65,4	57,4
3		Can19L	64,7	58,3	66,2	59,9	64,6	56,2
4		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	67,2	60,7	68,9	62,2	65,3	58,3
5	Навоз	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	65,5	58,5	67,4	60,4	64,2	57,1
6		Can19L	64,1	58,0	65,8	60,1	63,7	56,5
7		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	66,0	60,1	68,3	61,8	64,5	58,0
HCP ₀₅ А / HCP ₀₅ В / HCP ₀₅ АВ			0,74 / 1,78 / 2,12 (для начала вегетации) 0,85 / 1,81 / 2,24 (для конца вегетации)					
Чернозем выщелоченный (лесостепная зона, РСО-Алания)								
1	Контроль		64,5	58,0	65,7	59,6	63,0	55,6
2	Си- дерат	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	68,2	60,4	69,8	62,2	67,3	58,8
3		Can19L	66,6	59,8	68,0	61,7	66,4	57,5
4		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	69,3	62,5	71,2	64,3	67,3	59,8

Продолжение таблицы 2

Table 2 continued

1	2		3	4	5	6	7	8
5	Навоз	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	67,4	60,0	69,2	62,2	66,0	58,5
6		Can19L	66,0	59,5	67,5	61,9	65,5	57,7
7		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	68,1	61,8	70,1	63,9	66,4	59,5
HCP ₀₅ A / HCP ₀₅ B / HCP ₀₅ AB			0,72 / 1,84 / 2,43 (для начала вегетации) 0,68 / 1,98 / 2,61 (для конца вегетации)					
*Н. в. – начало вегетации; **к. в. – конец вегетации.								

Выявлено, что вегетация гороха посевного проходила при относительно достаточной влагообеспеченности только в вариантах, в которых в качестве приема основной обработки почвы использовали поверхностную обработку (дискование), в условиях черноземов обыкновенных и черноземов выщелоченных. Влажность пахотного слоя почвы в опытных вариантах колебалась в пределах 59,9–68,9 % НВ в черноземах обыкновенных и 61,7–71,2 % НВ в черноземах выщелоченных.

Менее влагообеспеченными были варианты с использованием чизелевания и традиционной вспашки в качестве основной обработки почвы. Ближе к уборочному периоду влажность почвы здесь опускалась ниже влажности разрыва капилляров (ВРК) (менее 60 % НВ).

Наиболее критическим районом исследований в отношении влажности почвы можно назвать черноземы типичные лесостепной зоны Чеченской Республики, для которых только в начале вегетации отмечалась влажность почвы выше 60 % НВ. Применение органических удобрений оказало положительное влияние на запасы влаги в пахотном слое почвы. Заделка сидеральной массы увеличивала влажность пахотного слоя во всех зонах исследований в среднем на 3–4 %, внесение навоза – на 2–3 % НВ. При внесении минеральных удобрений влагообеспеченность возрастала еще на 1–2 % НВ. Применение биопрепарата не оказало значимого влияния на показатель влажности почвы.

Полученные данные свидетельствуют о неустойчивом увлажнении

региона исследований, что, естественно, оказывает существенное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур, и в частности гороха посевного. Применение органических удобрений (сидерация, навоз) в совокупности с минеральными удобрениями и дискованием в качестве основной обработки почвы способно нивелировать негативные последствия засушливых периодов в зонах неустойчивого увлажнения. Влажность почвы при учете указанных факторов возможно поддерживать не ниже уровня влажности разрыва капилляров.

Водопрочность – способность почвенных агрегатов противостоять размывающему и разрушающему действию воды. Это важный показатель качества структуры почвы, определяющий ее устойчивость к эрозии, заплыванию и образованию корки. Водопрочными считаются макроагрегаты размером от 0,25 до 10 мм. Именно они обеспечивают оптимальное соотношение капиллярной и некапиллярной пористости, что позволяет почве одновременно удерживать влагу и пропускать воздух.

Водопрочность напрямую зависит от содержания органического вещества в почве. Гумусовые вещества и продукты жизнедеятельности микроорганизмов служат так называемым клеем, цементирующим почвенные частицы. При этом механическое воздействие на почву существенно меняет ее водоустойчивость (таблица 3).

Наши исследования показали, что традиционная отвальная вспашка на глубину до 30 см снижает водопрочность почвенных агрегатов к началу вегетации до 55,4–56,2 % в условиях типичных и обыкновенных черноземов, до 60,7 % в условиях черноземов выщелоченных. Чизелевание увеличивало данные показатели в среднем на 2–3 %. При поверхностной обработке (дискование) водопрочность у всех исследуемых разновидностей черноземов сохранялась на уровне 62,5–65,9 %.

Этот факт объясняется прежде всего тем, что глубокое рыхление почвы (вспашка и чизелевание) способствует интенсивной минерализации

гумуса и механическому разрушению почвенных агрегатов, это в итоге приводит к снижению водопрочности. Поверхностная обработка (дискование) способствует меньшему нарушению почвенной биоты и, как следствие, сохранению и росту водопрочности агрегатов.

Таблица 3 – Влияние приемов основной обработки почвы с использованием средств химизации и биологизации на водопрочность почвенных агрегатов в агроценозах гороха

В %

Table 3 – The influence of primary tillage practices with application of chemical and biological means on water stability of soil aggregates in pea agrocenoses

In %

№ ва- ри- анта	Вариант							
	Средство химизации и биологизации (фактор В)		Прием основной обработки почвы (фактор А)					
			Чизелевание		Дискование		Вспашка	
			Н. В.*	К. В.**	Н. В.	К. В.	Н. В.	К. В.
1	2		3	4	5	6	7	8
Чернозем типичный (лесостепная зона, Чеченская Республика)								
1	Контроль		58,9	53,8	63,6	58,9	57,2	52,4
2	Си- дерат	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	65,6	61,7	69,2	67,1	63,1	60,7
3		Can19L	65,8	62,0	69,5	67,3	63,4	60,9
4		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	65,6	61,9	69,3	67,2	63,1	60,6
5	Навоз	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	64,5	60,7	68,8	66,4	61,9	59,8
6		Can19L	64,8	60,9	68,9	66,5	62,2	60,1
7		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	64,6	60,8	68,7	66,4	62,0	59,9
HCP ₀₅ А / HCP ₀₅ В / HCP ₀₅ АВ			1,16 / 0,90 / 2,09 (для начала вегетации)					
			1,28 / 1,02 / 2,36 (для конца вегетации)					
Чернозем обыкновенный (лесостепная зона, Кабардино-Балкарская Республика)								
1	Контроль		57,1	51,7	63,1	58,1	55,6	50,8
2	Си- дерат	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	62,5	58,9	67,9	65,6	59,9	57,1
3		Can19L	62,6	59,1	68,0	65,7	60,2	57,3
4		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	62,4	59,0	67,8	65,6	59,8	57,2
5	Навоз	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	61,7	58,2	67,8	65,3	59,2	56,5
6		Can19L	61,9	58,3	67,9	65,5	59,3	56,6
7		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	61,7	58,1	67,8	65,2	59,3	56,6
HCP ₀₅ А / HCP ₀₅ В / HCP ₀₅ АВ			1,07 / 1,55 / 2,41 (для начала вегетации)					
			1,15 / 1,60 / 2,33 (для конца вегетации)					
Чернозем выщелоченный (лесостепная зона, РСО-Алания)								
1	Контроль		63,5	57,8	65,9	60,6	60,7	55,4
2	Си- дерат	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	72,4	68,6	76,2	73,1	69,6	66,6
3		Can19L	72,7	69,2	76,7	73,5	69,8	66,7
4		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	72,5	69,0	76,3	73,0	69,4	66,5

Продолжение таблицы 3

Table 3 continued

1	2		3	4	5	6	7	8
5	Навоз	N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀	71,2	68,4	76,0	73,2	69,1	66,0
6		Can19L	71,7	68,7	76,4	73,5	69,4	66,3
7		N ₂₃ P ₆₀ K ₆₀ + Can19L	71,4	68,5	76,1	73,1	69,2	66,1
НСР ₀₅ А / НСР ₀₅ В / НСР ₀₅ АВ			1,48 / 2,08 / 3,14 (для начала вегетации) 1,26 / 2,19 / 3,35 (для конца вегетации)					
*Н. В. – начало вегетации; **К. В. – конец вегетации.								

Использование сидерального удобрения по сравнению с контролем без удобрений увеличивало водопрочность к началу вегетации у типичного чернозема на 6,6–7,1 %, обыкновенного чернозема – на 4,4–5,5 %, выщелоченного чернозема – на 8,7–10,8 %. Аналогично увеличивалась водопрочность агрегатов и при внесении навоза, однако эффективность была ниже в среднем на 0,5–1,5 % в сравнении с действием сидерата.

Действие минеральных удобрений оказывало хоть и незначительное, но отрицательное влияние на водопрочность почвенных агрегатов. В условиях типичных и выщелоченных черноземов показатели снижались на 0,2–0,5 %, в то время как в условиях обыкновенных черноземов – всего на 0,1–0,2 %, и чаще всего снижение находилось в допустимых пределах ошибки опыта. Действие биопрепарата не оказало какого-либо значимого влияния на показатель водопрочности почвенных агрегатов.

К концу вегетации гороха посевного водопрочность почвенных агрегатов во всех вариантах опыта и регионах исследований существенно снижалась. Это обусловлено прежде всего воздействием на почву сельскохозяйственной техники и оборудования при выполнении агротехнологических операций. Максимальное снижение водопрочности отмечалось в контрольных вариантах и составило от 4,7 до 5,7 % независимо от разновидности черноземов и системы основной обработки почвы.

Применение сидерального удобрения и навоза нивелировало отрицательное воздействие на почву независимо от почвенной разности и прие-

мов основной обработки почвы. Так, при измельчении и заделке сидеральной массы в почву, а также при внесении навоза водопрочность почвенных агрегатов к концу вегетации в черноземах типичных снижалась всего на 2,1–3,9 %, в черноземах обыкновенных – на 2,2–3,6 % и в черноземах выщелоченных – на 2,9–3,8 %. Эффект указанных приемов в сравнении с соответствующими контрольными вариантами по результатам дисперсионного анализа данных был значимым.

Выводы

1 Приемы основной обработки почвы напрямую влияли на сложение пахотного слоя. Чизелевание, обеспечивающее глубокое рыхление и аэрацию почвы, достоверно снижало объемную массу почвы во всех зонах исследований до 1,17–1,26 г/см³ к моменту посева гороха. При традиционной вспашке с оборотом пласта плотность почвы к началу вегетации составляла от 1,22 до 1,33 г/см³. Дискование, обеспечивавшее рыхление лишь верхнего горизонта, обеспечивало формирование наибольшей объемной массы пахотного слоя – 1,25–1,34 г/см³. Существенное воздействие на плотность сложения почвы оказало использование удобрений, особенно органических. Заделывание в почву сидеральной массы достоверно снижало плотность почвы во всех зонах исследований к моменту весеннего сева на 0,03–0,05 г/см³, внесение полуперепревшего навоза – на 0,03–0,07 г/см³.

2 Применение органических удобрений (сидерация, навоз) в совокупности с минеральными удобрениями и дискованием в качестве основной обработки почвы способно нивелировать негативные последствия засушливых периодов в зонах неустойчивого увлажнения. Влажность почвы при учете указанных факторов возможно поддерживать не ниже уровня влажности разрыва капилляров. Так, заделка сидеральной массы увеличивала влажность пахотного слоя во всех зонах исследований в среднем на 3–4 %, внесение навоза – на 2–3 % НВ. При внесении минеральных удобрений влагообеспеченность возрастала еще на 1–2 % НВ.

3 Сравнительная оценка разновидностей черноземных почв показала лучшую водоустойчивость выщелоченных и относительную сопоставимость типичных и обыкновенных черноземов. Максимальная водопрочность почвенных агрегатов формировалась при использовании дискования в качестве основной обработки почвы на фоне применения сидерального удобрения или навоза и составила 67,8–69,5 % в условиях черноземов типичных и обыкновенных, до 76 % и более в условиях черноземов выщелоченных.

Список источников

1. 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. DOI: 10.31774/2712-9357-2025-15-4-241-255. EDN: JBLUUN.
2. Хусайнов Х. А., Тунтаев А. В., Елмурзаева Ф. Д. Содержание подвижного фосфора в черноземе типичном при различных приемах основной обработки и применении средств химизации и биологизации // Плодородие. 2023. № 1(130). С. 22–25. DOI: 10.25680/S19948603.2023.130.05. EDN: ICNKZG.
3. Ключко А. С., Бадмаева С. Э. Агрохимические и водно-физические свойства чернозема обыкновенного // International Agricultural Journal. 2026. Т. 69, № 2. С. 163–174. DOI: 10.55186/25880209_2026_10_2_19. EDN: ZMCYVK.
4. 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.
5. 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), 27–29 Oct. London: IOP Publishing Ltd, 2022. Vol. 1010. Article number: 012085. DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012085. EDN: DSOVLJ.
6. Урожайность кукурузы и содержание подвижного фосфора в черноземе типичном при разных приемах основной обработки с использованием средств химизации и биологизации / Х. А. Хусайнов, М. Ш. Гаплаев, А. В. Тунтаев, Ф. Д. Елмурзаева // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 2. С. 16–20. DOI: 10.31857/S2500262723020047. EDN: AOOVBN.
7. Влияние технологий возделывания полевых культур на агрохимические и физико-химические свойства чернозема выщелоченного в условиях Западного Предкавказья / В. Н. Слюсарев, О. А. Подколзин, В. М. Кильдюшкин, Е. Д. Федащук, А. В. Осипов // Земледелие. 2024. № 5. С. 9–13. DOI: 10.24412/0044-3913-2024-5-9-13. EDN: VWDWFW.
8. 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.
9. Пространственно-временная неоднородность агрофизических показателей чер-

ноземных 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.

10. 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.

11. 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.

12. Degradation and restoration of mountain pastures / S. Bekuzarova, S. Kozyrev, A. Kozyrev, G. Luschenko, A. Bekmurzov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 579. Article number: 012046. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012046. EDN: AISIMF.

13. 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.

14. Пакуль А. Л., Божанова Г. В., Пакуль В. Н. Зависимость агрохимических и агрофизических свойств выщелоченного чернозема от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51, № 5. С. 5–19. DOI: 10.26898/0370-8799-2021-5-1. EDN: RWUPNW.

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. Дубовик Е. В., Дубовик Д. В., Шумаков А. В. Изменение агрофизических свойств чернозема типичного под воздействием основной обработки почвы // Плодородие. 2021. № 5(122). С. 11–14. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.03. EDN: VBWOJI.

References

1. Kuchiev S.E., Kozyrev A.Kh., 2025. *Vodoprochnost' pochvennykh agregatov v zavisimosti ot kul'tur sevooborota v subal'piyskom poyase Severnoy Osetii* [Water stability of soil aggregates depending on crop rotation crops in the subalpine belt of North Ossetia]. *Melioratsiya i gidrotekhnika* [Land Reclamation and Hydraulic Engineering], vol. 15, no. 4, pp. 241-255, DOI: 10.31774/2712-9357-2025-15-4-241-255, EDN: JBLUUh. (In Russian).

2. Khusainov Kh.A., Tuntaev A.V., Elmurzaeva F.D., 2023. *Soderzhanie podvizhnogo fosfora v chernozeme tipichnom pri razlichnykh priemakh osnovnoy obrabotki i primenenii sredstv khimizatsii i biologizatsii* [Content of mobile phosphorus in chernozem typical under different methods of basic tillage and application of chemical and biological means]. *Plodorodie* [Fertility], no. 1(130), pp. 22-25, DOI: 10.25680/S19948603.2023.130.05, EDN: ICNKZG. (In Russian).

3. Klochko A.S., Badmaeva S.E., 2026. *Agrokhimicheskie i vodno-fizicheskie svoystva chernozema obyknovennogo* [Agrochemical and water-physical properties of chernozem typical]. *International Agricultural Journal*, vol. 69, no. 2, pp. 163-174, DOI: 10.55186/25880209_2026_10_2_19, EDN: ZMCYVK. (In Russian).

4. 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 in Agro-Industrial Complex], vol. 36, no. 4, pp. 66-71, DOI: 10.53859/02352451_2022_36_4_66, EDN: MHRIBI. (In Russian).

5. 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), 27-29 Oct. London, IOP Publishing Ltd, vol. 1010, article number: 012085, DOI: 10.1088/1755-1315/1010/1/012085, EDN: DSOVLJ.

6. Khusainov Kh.A., Gaplaev M.Sh., Tuntaev A.V., Elmurzaeva F.D., 2023. *Urozhaynost' kukuruzy i sodержanie podvizhnogo fosfora v chernozeme tipichnom pri raznykh priemakh osnovnoy obrabotki s ispol'zovaniem sredstv khimizatsii i biologizatsii* [Corn yield and the content of mobile phosphorus in typical chernozem under different methods of basic tillage with the use of chemicalization and biologization means]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka* [Russian Agricultural Science], no. 2, pp. 16-20, DOI: 10.31857/S2500262723020047. EDN: AOOVBN. (In Russian).

7. Slyusarev V.N., Podkolzin O.A., Kildyushkin V.M., Fedashchuk E.D., Osipov A.V., 2024. *Vliyanie tekhnologiy vozdeystviya polevykh kul'tur na agrokhimicheskie i fiziko-khimicheskie svoystva chernozema vyshchelochennogo v usloviyakh Zapadnogo Predkavkaz'ya* [The influence of field crop cultivation technologies on the agrochemical and physico-chemical properties of leached chernozem under the conditions of Western Ciscaucasia]. *Zemledelie* [Agriculture], no. 5, pp. 9-13, DOI: 10.24412/0044-3913-2024-5-9-13, EDN: VWDWFW. (In Russian).

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

9. 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 parameters 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).

10. 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).

11. Mishchenko A.V., 2022. *Strukturnoe sostoyanie chernozemov obyknovennykh v posevakh soi na erozionno opasnom sklone* [The structural state of ordinary chernozem 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).

12. Bekuzarova S., Kozyrev S., Kozyrev A., Luschenko G., Bekmurzov A., 2020. Degradation and restoration of mountain pastures. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 579, article number: 012046, DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012046, EDN: AISIMF.

13. Kuzina E.V., 2022. *Zavisimost' strukturno-funktsional'nykh svoystv pochvy ot yeye obrabotki pri vozdeystvovanii 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).

14. Pakul A.L., Bozhanova G.V., Pakul V.N., 2021. *Zavisimost' agrokhimicheskikh i agrofizicheskikh svoystv vyshchelochennogo chernozema ot sistemy obrabotki pochvy* [Dependence of agrochemical and agrophysical properties of leached chernozem on soil treatment system]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Siberian Bulletin of Agricultural Science], vol. 51, no. 5, pp. 5-19, DOI: 10.26898/0370-8799-2021-5-1, EDN: RWUPNW. (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* [Proceedings of the Kuban State Agrarian University], no. 112, pp. 155-166, DOI: 10.21515/1999-1703-112-155-166, EDN: KKDNTV. (In Russian).

16. Dubovik E.V., Dubovik D.V., Shumakov A.V., 2021. *Izmenenie agrofizicheskikh svoystv chernozema tipichnogo pod vozdeystviem osnovnoy obrabotki pochvy* [Changes of agrophysical properties of typical chernozem under the influence of primary tillage]. *Plodorodie* [Fertility], no. 5(122), pp. 11-14, DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.03, EDN: VBWOJI. (In Russian).

Информация об авторах

Ф. Д. Елмурзаева – младший научный сотрудник, Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (366021, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, д. 1), chechniish@mail.ru, AuthorID: 1137238, ORCID: 0000-0003-2928-5997;

М. М. Мустаев – старший научный сотрудник, Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (366021, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, д. 1), movsar.mustaev@mail.ru, AuthorID: 841312, ORCID: 0000-0003-1753-479X;

М. Ш. Гаплаев – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (366021, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, д. 1), gaplaev63@list.ru, AuthorID: 294980, ORCID: 0000-0001-6638-6397;

А. Х. Козырев – главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (366021, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, д. 1), ironlag@mail.ru, AuthorID: 149204, ORCID: 0000-0003-2790-7895;

Д. А. Сулипова – научный сотрудник, Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (366021, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, д. 1), chechniish@mail.ru.

Information about the authors

F. D. Elmurzaeva – Junior Researcher, Chechen Research Institute of Agricultural (366021, Chechen Republic, Grozny, Lilovaya St., 1), chechniish@mail.ru, AuthorID: 1137238, ORCID: 0000-0003-2928-5997;

M. M. Mustaev – Senior Researcher, Chechen Research Institute of Agricultural (366021, Chechen Republic, Grozny, Lilovaya St., 1), movsar.mustaev@mail.ru, AuthorID: 841312, ORCID: 0000-0003-1753-479X;

M. Sh. Gaplaev – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Chechen Research Institute of Agricultural (366021, Chechen Republic, Grozny, Lilovaya St., 1), gaplaev63@list.ru, AuthorID: 294980, ORCID: 0000-0001-6638-6397;

A. Kh. Kozyrev – Chief Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chechen Research Institute of Agricultural (366021, Chechen Republic, Grozny, Lilovaya St., 1), ironlag@mail.ru, AuthorID: 149204, ORCID: 0000-0003-2790-7895;

D. A. Sulipova – Researcher, Chechen Research Institute of Agricultural (366021, Chechen Republic, Grozny, Lilovaya St., 1), chechniish@mail.ru.

*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 26.05.2026; одобрена после рецензирования 21.08.2026;
принята к публикации 08.09.2026.
The article was submitted 26.05.2026; approved after reviewing 21.08.2026; accepted for
publication 08.09.2026.*