

Перспективы применения органоминеральных удобрений, полученных на основе сепарации свежего навоза, для повышения плодородия почв

В. В. Голембовский¹, А. А. Коровин¹✉, В. С. Цховребов²

¹ Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия

² Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

✉ E-mail: abv20korovin@yandex.ru

Аннотация. Цель – изучение агрохимического состава почв до и после однократного внесения жидкой фракции – продукта первичной переработки (Патент на изобретение RU 2853322 C1) свежего навоза крупного рогатого скота (КРС) и вермикомпоста, произведенного на основе твердой фракции сепарированного свежего навоза КРС. **Методы.** Проведение полевых опытов осуществлялось в Ставропольском крае по общепринятой методике. Почвами опытного участка являются чернозем обыкновенный карбонатный мощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках при выращивании озимой пшеницы и чернозем южный слабоэродированный среднесуглинистый малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках – для выращивания озимого чеснока. Вермикомпостирование производилось при температуре окружающей среды 18–25 °С и влажности субстрата 60–80 % в течение 2 месяцев с использованием червей семейства *Lumbricidae*: *Dendrobaena veneta* и *Eisenia fetida*. **Научная новизна.** Впервые в условиях Северо-Кавказского региона России была изучена эффективность применения органоминеральных удобрений, полученных на основе сепарации и вермикомпостирования свежего навоза крупного рогатого скота на состояние почв, использованных для выращивания озимых сортов пшеницы и чеснока. **Результаты.** Установлено, что применение удобрений увеличивает содержание органического вещества (на 0,23–0,48 %), нитратного азота, подвижных фосфора (на 3,0–7,2 мг/кг) и калия (в среднем на 30–60 мг/кг). Для большинства показателей удобрительный эффект сохраняется не только на первый, но и на второй год последствия. На показатель pH почвенной среды применение удобрений не оказывает существенного влияния.

Ключевые слова: жидкая фракция сепарированного свежего навоза крупного рогатого скота, вермикомпост, дождевые черви, органическое вещество, нитратный азот, подвижный фосфор и калий

Благодарности. Государственное задание Минобрнауки РФ ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (тема № FNMU-2025-0009).

Для цитирования: Голембовский В. В., Коровин А. А., Цховребов В. С. Перспективы применения органоминеральных удобрений, полученных на основе сепарации свежего навоза, для повышения плодородия почв // Аграрный вестник Урала. 2026. Т. 26, № 09. С. 1621–1629. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-09-1621-1629>.

Дата поступления статьи: 28.04.2026, **дата рецензирования:** 19.05.2026, **дата принятия:** 20.05.2026.

Prospects for using organomineral fertilizers obtained by separating fresh manure to improve soil fertility

V. V. Golembovskiy¹, A. A. Korovin¹✉, V. S. Tskhovrebov²

¹ North Caucasus Federal Agrarian Research Center, Mikhaylovsk, Stavropol Krai, Russia

² Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

✉ E-mail: abv20korovin@yandex.ru

Abstract. The purpose is to study the agrochemical composition of soils before and after a single application of a liquid fraction, a product of primary processing (Patent for Invention RU 2853322 C1) of fresh cattle manure (CM) and vermicompost produced on the basis of a solid fraction of separated fresh CM manure. **Methods.** Field experiments were carried out in the Stavropol Territory according to the generally accepted methodology. The soils of the experimental plot are ordinary carbonate powerful low-humus heavy loamy soils on loess-like loams for growing winter wheat, and southern weakly eroded medium-power low-humus heavy loamy soils on loess-like loams for growing winter garlic. Vermicomposting was carried out at an ambient temperature of 18–25°C and a substrate moisture content of 60–80 % for 2 months using worms of the *Lumbricidae* family: *Dendrobaena veneta* and *Eisenia fetida*. **Scientific novelty.** For the first time in the North Caucasus region of Russia, the effectiveness of using organomineral fertilizers obtained by separating and vermicomposting fresh cattle manure on the condition of soils used for growing winter wheat and garlic was studied. **Results.** It has been established that the use of fertilizers increases the content of organic matter (by 0.23–0.48 %), nitrate nitrogen, mobile phosphorus (by 3.0–7.2 mg/kg), and potassium (by an average of 30–60 mg/kg). For most indicators, the fertilization effect is maintained not only in the first year, but also in the second year of after-effect. The use of fertilizers does not have a significant impact on the pH of the soil environment.

Keywords: liquid fraction of separated fresh cattle manure, vermicompost, earthworms, organic matter, nitrate nitrogen, mobile phosphorus and potassium

Acknowledgements. The study was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State assignment of the North Caucasus FARC (theme No. FNMU-2025-0009).

For citation: Golembovskiy V. V., Korovin A. A., Tskhovrebov V. S. Prospects for using organomineral fertilizers obtained by separating fresh manure to improve soil fertility. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2026; 26 (09): 1621–1629. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2026-26-09-1621-1629>. (In Russ.)

Date of paper submission: 28.04.2026, **date of review:** 19.05.2026, **date of acceptance:** 20.05.2026.

Постановка проблемы (Introduction)

Деградация земель сельскохозяйственного назначения и токсическое воздействие на состояние окружающей среды свежих и аккумулированных побочных продуктов животноводства (ППЖ) признаны основными угрозами продовольственной и экологической безопасности в мировом масштабе [1; 2]. Разрушение органических компонентов почвы, вынос и отчуждение макро- и микроэлементов вместе с урожаем, а также нарушение разнообразия почвенной биоты, обусловленное внесением все возрастающего количества удобрений и агрохимикатов, лежат в основе прогрессирующей деградации почв [3]. При этом во всех регионах России наблюдается снижение содержания гумуса и элементов питания, поэтому невозможно в полной мере возместить вынос питательных веществ из разных типов почв [4].

Ставропольский край не является исключением. По данным многолетних агрохимических обследований, 85 % почв характеризуются низким содержанием гумуса, 41 % – очень низким и низким содержанием подвижного фосфора. Среднее содержание в почве: гумуса – 3, фосфора – 19, калия – 300 мг/кг почвы. В среднем площади с низким содержанием гумуса ежегодно увеличиваются на 1 %, фосфора – на 5 %, калия – на 3 %. Из-за недостаточных объемов агрохимических и мелиоративных мероприятий баланс гумуса и питательных элементов в земледелии отрицательный [5–8].

При этом большинству отходов сельскохозяйственного производства животного и растительного происхождения свойственны высокое содержание органических веществ, макро- и микроэлементов, которые позволяют их рассматривать как перспективное сырье для производства органоминераль-

ных удобрений, используя достаточно экологичную и малозатратную технологию вермикомпостирования. Ее широкое внедрение в нынешней сложной экономической обстановке позволяет достаточно быстро не только избавиться от токсичных отходов, но и повысить плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур. При этом важно разработать простой, но надежный рабочий процесс. Это позволит ускорить практическое внедрение разработанных методов и средств и получить требуемый экономический и экологический эффект [9–11].

Повышение почвенного плодородия невозможно без соблюдения закона возврата в почву элементов питания, используемых растениями при создании урожая. При современном уровне обеспеченности сельскохозяйственных товаропроизводителей материально-техническими ресурсами большая часть урожая выращиваемых культур формируется за счет мобилизации почвенного плодородия без компенсации выносимых элементов питания. В настоящее время во многих регионах страны объем внесения удобрений в 4–5 раз меньше уровня выноса действующего вещества, что приводит к отрицательному балансу питательных веществ и гумуса и создает предпосылки для усиления деградиационных процессов в почве [12].

Природоподобные технологии должны представлять собой комплекс мер, которые направлены на восстановление естественного ресурсооборота и преследуют две главные цели: получение качественных продуктов, которые не вредят здоровью человека, а также исключение вреда природе, которое могло бы принести их выращивание. Одним из правил таких технологий обозначено, что в качестве удобрений используются только органические соединения, а технологии органического земледелия предполагают работу по принципу замкнутого цикла (животноводство – земледелие), где животные получают корма, а растения – удобрения [13].

Несмотря на недостаточность, а зачастую и противоречивость результатов лабораторных и полевых исследований, учеными-агрярами настоятельно рекомендуется вернуться к принципам органического земледелия и использовать только сбалансированные комплексные органоминеральные системы удобрений для воспроизводства плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных культур [14–18].

Цель исследования – изучить влияние внесения жидкой фракции продукта первичной переработки (Патент на изобретение RU 2853322 C1) свежего навоза КРС и вермикомпоста, полученного на основе переработки твердой фракции сепарированного свежего навоза КРС червями семейства *Lumbricidae*, на агрохимический состав почв до и после однократного применения.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования производили во ВНИИОК – филиале ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» и на землях индивидуального предпринимателя – главы крестьянско-фермерского хозяйства Нечаева А. В., расположенных на территории Грачевского муниципального округа Ставропольского края (45°12' с. ш. 42°24' в. д.). Климат в регионе умеренно континентальный, зона неустойчивого увлажнения. За год выпадает 450–550 мм осадков при гидротермическом коэффициенте увлажнения по Селянинову (ГТК) 0,9–1,1 и сумме активных температур 3000–3200 °С. Зима умеренно мягкая, средняя месячная температура января от –3,0 до –0,5 °С, минимальная – от –32 до –34 °С. Высота снежного покрова – до 10 см и выше. Сход снежного покрова отмечается в начале марта, возобновление вегетации – в конце марта – начале апреля. Продолжительность безморозного периода составляет 180–195 дней. Лето довольно жаркое, со среднемесячной температурой июля 22–24 °С, жарких дней 60–80. Осадков за период активной вегетации выпадает порядка 300–350 мм. Район благоприятен для возделывания зерновых и других сельскохозяйственных культур.

Почвенный покров, использованный для постановки опыта участков, представлен черноземом обыкновенным карбонатным мощным малогумусным тяжелосуглинистым на лессовидных суглинках – для озимой пшеницы, черноземом южным слабоэродированным среднемощным малогумусным тяжелосуглинистым на лессовидных суглинках – для выращивания озимого чеснока. По результатам агрохимических анализов в годы проведения исследований верхний горизонт (0–20 см) почвы хозяйства, выделенной под зерновые культуры, характеризовался следующими параметрами: средней обеспеченностью органическим веществом (4,53–5,01 %); очень низкой – N-NO₃ (15,9–24,6 мг/кг); низким содержанием подвижного фосфора (21–29 мг/кг) и высоким содержанием подвижного калия (407–410 мг/кг), реакция среды щелочная: pH = 8,11...8,18; под луковичные культуры – низкой обеспеченностью органическим веществом (2,39–2,43 %); низкой – N-NO₃ (14,7–19,1 мг/кг); высокой – P₂O₅ (55–57 мг/кг), высокой – K₂O (439,1–578,0 мг/кг), слабощелочной реакцией (pH = 7,6...7,8).

Твердую и жидкую фракции получали путем сепарации свежего навоза КРС по разработанной и запатентованной авторами технологии [19]. В качестве производителя вермикомпоста были использованы черви семейства *Lumbricidae*: *Dendrobaena veneta* и *Eisenia fetida*. Вермикомпостирование проводилось при температуре окружающей среды в пределах 18–25 °С и влажности субстрата от 60 % до 80 % в течение 2 месяцев.

Проведенные ранее агрохимические, санитарно-бактериологические и санитарно-паразитологические исследования подтвердили соответствие полученных жидкой фракции и вермикомпоста требованиям ГОСТ, предъявляемым к органическим и минеральным удобрениям [19; 20].

Жидкую фракцию вносили на поля перед посевом озимой пшеницы в объемах 2000 и 4000 л/га, а вермикомпост – перед высадкой озимого чеснока сорта Алькор в объемах 2000, 4000 и 6000 л/га. Отбор почвенных образцов производили через месяц после посева. Повторный отбор почв осуществляли после уборки сельскохозяйственных культур.

Таблица 1
Изменение агрохимических показателей почв под озимой пшеницей при внесении различных доз жидкой фракции сепарированного свежего навоза КРС

Показатель	Показатели жидкой фракции	Вариант опыта	После посева	После уборки
Органическое вещество, %	74	Контрольный участок	4,53	4,69
		Участок 1 (2,0 тыс. л/га)	4,76	4,93
		Участок 2 (4,0 тыс. л/га)	5,01	5,12
НСР ₀₅			0,20	0,19
Нитратный азот (N-NO ₃), мг/кг	7 700	Контрольный участок	15,9	19,3
		Участок 1 (2,0 тыс. л/га)	21,1	21,3
		Участок 2 (4,0 тыс. л/га)	22,5	24,6
НСР ₀₅			1,4	2,0
Подвижный фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг	1 600	Контрольный участок	21,0	28,0
		Участок 1 (2,0 тыс. л/га)	24,0	30,0
		Участок 2 (4,0 тыс. л/га)	28,2	32,0
НСР ₀₅			1,4	1,3
Подвижный калий (K ₂ O), мг/кг	10 600	Контрольный участок	407	433
		Участок 1 (2,0 тыс. л/га)	437	446
		Участок 2 (4,0 тыс. л/га)	480	511
НСР ₀₅			11,2	9,8
Реакция среды, ед. pH	7,2	Контрольный участок	8,12	8,08
		Участок 1 (2,0 тыс. л/га)	8,16	8,13
		Участок 2 (4,0 тыс. л/га)	8,17	8,15
НСР ₀₅			0,06	0,07

Table 1
Changes in the agrochemical parameters of soils under winter wheat when applying different doses of the liquid fraction of separated fresh cattle manure

Indicator	Indicators of the liquid fraction	An experience option	After sowing	After harvesting
Organic matter, %	74	Control plot	4.53	4.69
		Plot 1 (2.0 thousand liters per hectare)	4.76	4.93
		Plot 2 (4.0 thousand liters per hectare)	5.01	5.12
LSD ₀₅			0.20	0.19
Nitrate nitrogen (N-NO ₃), mg/kg	7 700	Control plot	15.9	19.3
		Plot 1 (2.0 thousand liters per hectare)	21.1	21.3
		Plot 2 (4.0 thousand liters per hectare)	22.5	24.6
LSD ₀₅			1.4	2.0
Mobile phosphorus (P ₂ O ₅), mg/kg	1 600	Control plot	21.0	28.0
		Plot 1 (2.0 thousand liters per hectare)	24.0	30.0
		Plot 2 (4.0 thousand liters per hectare)	28.2	32.0
LSD ₀₅			1.4	1.3
Mobile potassium (K ₂ O), mg/kg	10 600	Control plot	407	433
		Plot 1 (2.0 thousand liters per hectare)	437	446
		Plot 2 (4.0 thousand liters per hectare)	480	511
LSD ₀₅			11.2	9.8
Reaction of the medium, pH units	7.2	Control plot	8.12	8.08
		Plot 1 (2.0 thousand liters per hectare)	8.16	8.13
		Plot 2 (4.0 thousand liters per hectare)	8.17	8.15
LSD ₀₅			0.06	0.07

При этом жидкую фракцию вносили методом линейного полива длиной полосы 100 м и шириной 0,5–1,0 м.

Вермикомпост вносили в виде мульчи с последующей заделкой дисковыми орудиями. При этом размеры каждого участка составляли 18 м².

Для агрохимического состава жидкой фракции и вермикомпоста были характерны следующие показатели: органическое вещество – 74,0 ± 1,1 % и 31,5 ± 1,7 %, нитратный азот – 7700 ± 19,8 мг/кг и 8200 ± 24,3 мг/кг; P₂O₅ – 1600 ± 10,3 мг/кг и 6400 ± 15,5 мг/кг, K₂O – 10 600 ± 15,6 мг/кг и 11 400 ± 22,1 мг/кг, pH – 7,2 ед. и 7,1 ед. соответственно.

Повторность опытов трехкратная.

Для проведения агрохимического анализа отбор почвенных образцов осуществляли из поверхностного слоя 0–20 см в четырехкратной повторности.

Агрохимические анализы почв до и после внесения удобрений были выполнены в условиях аттестованных лабораторий ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Определяли следующие показатели: нитратный азот – дисульфифеноловым методом по Грандваль – Ляжу, подвижный фосфор и калий – по Мачигину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91), содержа-

ние гумуса – по методу И. В. Тюрина в модификации В. Н. Симакова, pH водной вытяжки ионометрическим методом – по ГОСТ 26423-85.

Результаты (Results)

Исследования показали, что использование в качестве органических удобрений жидкой фракции свежего навоза КРС и вермикомпоста, выработанного дождевыми червями семейства *Lumbricidae* из твердой фракции сепарированного свежего навоза КРС, оказало влияние на агрохимические показатели почв. На контрольном участке поля озимой пшеницы после посева содержание органического вещества составило 4,53 % (таблица 1). На вариантах с применением 2000 и 4000 л/га изучаемый показатель возрос на 0,23 % и 0,48 % соответственно. Аналогичные показатели были получены и после уборки пшеницы. Следовательно, применение данного вида удобрений позволяет повысить один из важных показателей почвенного плодородия и сохраняет свое последствие на следующий год.

Содержание нитратного азота на контроле данного опыта после посева составляет 15,9 мг/кг и классифицируется как низкое. На вариантах внесения удобрения 2000 и 4000 л/га содержание данного элемента питания также характеризуется как низкое, хотя налицо достоверное увеличение искомого показателя на 5,2 и 6,6 мг/кг соответственно.

Таблица 2
Изменение агрохимических показателей почв под озимым чесноком при внесении вермикомпоста

Показатель	Показатели вермикомпоста	Вариант опыта	После посева	После уборки
Органическое вещество, %	31,5	Контрольный участок	2,39	2,54
		Участок 1 (2,0 тыс. л/га)	2,43	2,73
		Участок 2 (4,0 тыс. л/га)	2,47	2,81
		Участок 3 (6,0 тыс. л/га)	2,54	3,17
HCP ₀₅			0,15	0,14
Нитратный азот (N-NO ₃), мг/кг	8 200	Контрольный участок	14,7	15,6
		Участок 1 (2,0 тыс. л/га)	19,1	20,4
		Участок 2 (4,0 тыс. л/га)	20,7	21,9
		Участок 3 (6,0 тыс. л/га)	25,2	27,8
HCP ₀₅			1,2	1,8
Подвижный фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг	6 400	Контрольный участок	57,5	58,2
		Участок 1 (2,0 тыс. л/га)	61,25	62,0
		Участок 2 (4,0 тыс. л/га)	64,0	65,3
		Участок 3 (6,0 тыс. л/га)	70,0	79,45
HCP ₀₅			2,2	2,4
Подвижный калий (K ₂ O), мг/кг	11 400	Контрольный участок	448,5	452,5
		Участок 1 (2,0 тыс. л/га)	467,0	478,0
		Участок 2 (4,0 тыс. л/га)	487,5	496,5
		Участок 3 (6,0 тыс. л/га)	509,1	526,0
HCP ₀₅			12,9	10,4
Реакция среды, ед. pH	7.1	Контрольный участок	7,80	7,84
		Участок 1 (2,0 тыс. л/га)	7,76	7,73
		Участок 2 (4,0 тыс. л/га)	7,79	7,76
		Участок 3 (6,0 тыс. л/га)	7,73	7,79
HCP ₀₅			0,07	0,06

Table 2

Changes in the agrochemical parameters of soils under winter garlic when vermicompost is applied

<i>Indicator</i>	<i>Vermicompost indicators</i>	<i>An experience option</i>	<i>After sowing</i>	<i>After harvesting</i>
<i>Organic matter, %</i>	31.5	<i>Control plot</i>	2.39	2.54
		<i>Plot 1 (2.0 thousand liters per hectare)</i>	2.43	2.73
		<i>Plot 2 (4.0 thousand liters per hectare)</i>	2.47	2.81
		<i>Plot 3 (6,0 thousand liters per hectare)</i>	2.54	3.17
<i>LSD₀₅</i>			0.15	0.14
<i>Nitrate nitrogen (N-NO₃), mg/kg</i>	8 200	<i>Control plot</i>	14.7	15.6
		<i>Plot 1 (2.0 thousand liters per hectare)</i>	19.1	20.4
		<i>Plot 2 (4.0 thousand liters per hectare)</i>	20.7	21.9
		<i>Plot 3 (6,0 thousand liters per hectare)</i>	25.2	27.8
<i>LSD₀₅</i>			1.2	1.8
<i>Mobile phosphorus (P₂O₃), mg/kg</i>	6 400	<i>Control plot</i>	57.5	58.2
		<i>Plot 1 (2.0 thousand liters per hectare)</i>	61.25	62.0
		<i>Plot 2 (4.0 thousand liters per hectare)</i>	64.0	65.3
		<i>Plot 3 (6,0 thousand liters per hectare)</i>	70.0	79.45
<i>LSD₀₅</i>			2.2	2.4
<i>Mobile potassium (K₂O), mg/kg</i>	11 400	<i>Control plot</i>	448.5	452.5
		<i>Plot 1 (2.0 thousand liters per hectare)</i>	467.0	478.0
		<i>Plot 2 (4.0 thousand liters per hectare)</i>	487.5	496.5
		<i>Plot 3 (6,0 thousand liters per hectare)</i>	509.1	526.0
<i>LSD₀₅</i>			12.9	10.4
<i>Reaction of the medium, pH units</i>	7.1	<i>Control plot</i>	7.80	7.84
		<i>Plot 1 (2.0 thousand liters per hectare)</i>	7.76	7.73
		<i>Plot 2 (4.0 thousand liters per hectare)</i>	7.79	7.76
		<i>Plot 3 (6,0 thousand liters per hectare)</i>	7.73	7.79
<i>LSD₀₅</i>			0.07	0.06

Анализ результатов в послеуборочный период дал схожие результаты, хотя разница между контролем и вариантом внесения 2000 л/га на второй год последствий была недостоверной.

Наименьшее содержанием подвижного фосфора после посева характерно для контрольного участка (21,0 мг/кг). Содержание данного элемента питания в результате применения 2000 л/га жидкой фракции свежего навоза КРС достоверно возросло на 3,0 мг/кг, а при применении 4000 л/га испытуемого удобрения – на 7,2 мг/кг.

На второй год последствия после уборки озимой пшеницы сохраняется выявленная тенденция. Увеличение содержания подвижного фосфора достоверно, но менее значительно по сравнению с годом посева. Следовательно, на второй год последствия можно наблюдать «затухание» удобрительного эффекта.

Изменения в содержании подвижного калия схожи с изменениями подвижного фосфора. Обеспеченность почв этим элементом питания можно считать высокой на всех вариантах опыта, но разница значительная на опытных участках по сравнению с контролем после посева. Последствие удобрения снижается в последующем году после уборки и на варианте с применением 2000 л/га жидкого удобре-

ния, разница с контролем недостоверная, в пределах ошибки опыта.

При определении кислотно-щелочного потенциала почв выявили, что в результате применения жидкой фракции свежего навоза КРС в исследуемых дозах показатель pH не имел существенных различий между вариантами опыта в оба года исследований. Разница в этом показателе была недостоверной, хотя pH жидкого удобрения составляла 7,2 ед., что почти на 1 ед. ниже по сравнению с опытными вариантами. Следовательно, черноземы обыкновенные карбонатные имеют высокую степень буферности за счет карбонатно-кальциевого комплекса, что не дает возможности смещения pH среды в ту или иную сторону.

Исследования, проведенные на черноземе южном при выращивании озимого чеснока с применением твердой фракции сепарированного свежего навоза КРС, в целом указали на схожесть результатов при выращивании озимой пшеницы на черноземе обыкновенном с применением жидкой фракции свежего навоза КРС (таблица 2). Но можно отметить и некоторые различия. Так, содержание органического вещества после посева на контроле (2,39 %) и вариантах с внесением 2000, 4000 и 6000 л/га (в пределах 2,43–2,54 %) не имело существенных и

достоверных различий. После уборки при содержании органического вещества на контроле, равном 2,54 %, произошло достоверное увеличение исследуемого показателя на 0,19–0,63 %.

Исследования содержания нитратного азота выявили, что его количество на контроле наименьшее и составляет 14,7 мг/кг. В результате применения вермикомпоста произошло увеличение исследуемого показателя на всех вариантах опыта и особенно в варианте с применением 6 тыс. л/га (на 10,5 мг/кг). После уборки культуры содержание нитратов сохраняло тенденции после посева между вариантами опыта.

Обеспеченность чернозема южного подвижным фосфором на поле под озимым чесноком можно считать высокой. Это произошло за счет применения высоких доз удобрений в овощном севообороте. Тем не менее наименьшим содержание данного элемента питания после посева было на контроле и составило 57,5 мг/кг. В результате применения вермикомпоста произошло увеличение данного показателя. Наибольшим такое увеличение было в варианте с применением 6000 л/га удобрения и составило 12,5 мг/кг.

После уборки культуры наблюдалась аналогичная картина. Следовательно, удобрительный эффект от применения вермикомпоста сохраняется и на второй год последействия.

Почва опытного участка имеет высокую степень обеспеченности подвижным калием. На контрольном участке исследуемая величина составляет 448,5 мг/кг. При внесении вермикомпоста в

дозе 2000 л/га происходит увеличение содержания подвижного калия на 18,5 мг/кг, а при внесении 4000 л/га – на 39,0 мг/кг. Наиболее значительное увеличение данного показателя обнаружено в варианте с использованием 6000 л/га вермикомпоста и составило 60,6 мг/кг.

Исследования, проведенные после уборки культуры, дали аналогичный результат. Следовательно, испытуемое удобрение существенно увеличивает содержание подвижного калия и сохраняет последнее и на следующий год.

Кислотно-щелочной потенциал почвы опытного участка находится в пределах слабощелочной реакции среды и слабо изменяется по вариантам опыта.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, проведенные исследования по изучению агрохимического состава почв, использованных под выращивание озимой пшеницы и озимого чеснока, показали, что даже однократное использование в качестве органических удобрений жидкой фракции свежего навоза КРС и вермикомпоста, выработанного дождевыми червями семейства *Lumbricidae* из твердой фракции сепарированного свежего навоза КРС, увеличивает содержание органического вещества (на 0,23–0,48 %), нитратного азота, подвижных фосфора (на 3,0–7,2 мг/кг) и калия (в среднем на 30–60 мг/кг) в черноземах обыкновенных и южных. Для большинства показателей удобрительный эффект сохраняется не только на первый, но и на второй год последействия. На показатель pH почвенной среды применение удобрений не оказывает существенного влияния.

Библиографический список

1. Zucca C., Fleiner R., Bonaiuti E., et al. Land degradation drivers of anthropogenic sand and dust storms // Catena. 2022. Vol. 219. Article number 106575. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106575.
2. Сырчина Н. В., Пилип Л. В., Ашихмина Т. Я. Химическая деградация земель под воздействием отходов животноводства // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 3. С. 219–225. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-3-219-225.
3. Чебоचाков Е. Я., Муртаев В. Н. Современное состояние использования пахотных земель в хозяйствах разных форм собственности в Приенисейской Сибири // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2. С. 10–16. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-10-16.
4. Грехова И. В., Литвиненко Н. В., Грехова В. Ю. Эффективность применения органоминеральных удобрений на луковых культурах // Вестник КрасГАУ. 2022. № 9. С. 17–26. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-17-26.
5. Цховребов В. С., Есаулко А. Н., Новиков А. А. Современные проблемы плодородия почв Ставрополья // Агрохимический вестник. 2017. № 4. С. 3–8.
6. Цховребов В. С., Фаизова В. И., Никифорова А. М., Новиков А. А. Трансформация органического вещества в черноземах Ставропольского края целины и пашни // Агрохимический вестник. 2017. № 4. С. 13–16.
7. Гречишкина Ю. И., Егоров В. П., Матвиенко А. В. Баланс элементов питания в почве под ведущими сельскохозяйственными культурами Ставропольского края // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 7. С. 5–8. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_7_5.
8. Бегдай И. В., Харин К. В., Иваненко К. И. Мониторинг экологического состояния агрогенных почв Ставропольского края // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2024. Т. 18, № 3. С. 5–15. DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-3-5-15.

9. Nigussie A., Kuypers T. W., Bruun S., et al. Vermicomposting as a technology for reducing nitrogen losses and greenhouse gas emissions from small-scale composting // *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 139. Pp. 429–439. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.08.058.

10. Шалавина Е. В., Васильев Э. В., Уваров Р. А. Методы экологически безопасного использования навоза и помета фермерскими хозяйствами в Ленинградской области // *АгроЭкоИнженерия*. 2021. № 3 (108). С. 128–140. DOI: 10.24412/2713-2641-2021-3108-128-140.

11. Бердыев Д. А. Вермикомпостирование органических отходов АПК и использование биогумуса при выращивании сельскохозяйственных культур // *Известия Дагестанского ГАУ*. 2024. № 4 (24). С. 30–36. DOI: 10.52671/26867591_2024_4_30.

12. Буряк С. М., Черникова О. В., Мажайский Ю. А. Восстановление плодородия малопродуктивных дерново-подзолистых почв, вновь вводимых в сельскохозяйственный оборот // *Вестник КрасГАУ*. 2024. № 1. С. 56–63. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-1-56-63.

13. Chernikova O., Seregina T., Mazhaysky Y., et al. Comparative analysis of the use of biostimulants on the main types of soil // *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19. Special Issue 1. Pp. 711–720. DOI: 10.15159/AR.21.075.

14. Тюрин В. Г., Мысова Г. А., Потемкина Н. Н. [и др.] Ветеринарно-санитарная оценка современных биотехнологических способов переработки навоза // *Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии»*. 2022. № 2 (42). С. 230–238. DOI: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202202012.

15. Юрина Т. А., Белик М. А., Негреба О. Н., Ермаков А. А. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур при частичной биологизации производства // *Техника и оборудование для села*. 2023. № 4 (310). С. 22–24. DOI: 10.33267/2072-9642-2023-4-22-24.

16. Воронкова Н. А., Балабанова Н. Ф., Волкова В. А. [и др.] Применение микробных технологий при переработке отходов птицеводства, используемых для повышения плодородия почвы и урожайности яровой пшеницы // *Вестник КрасГАУ*. 2024. № 12 (213). С. 78–85. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12-78-85.

17. Есаулко А. Н., Ожередова А. Ю., Зверева О. С. [и др.] Эффективность применения доз жидкого биогумуса на различных фонах питания при возделывании картофеля на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности // *International Agricultural Journal*. 2024. Т. 67, № 6. С. 2154–2167. DOI: 10.55186/25880209_2024_8_6_38.

18. Кормин В. П., Иванова М. В., Простынюк Т. В. Эффективность применения биогумуса под ячмень яровой на лугово-черноземной почве // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2025. № 3. С. 31–34.

19. Голембовский В. В., Коровин А. А., Сергеева Н. В. Технологическое решение по переработке свежего навоза и помета с характеристиками полученных продуктов // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2025. Т. 26, № 5. С. 1142–1158. DOI: 10.30766/2072-9081.2025.26.5.1142-1158.

20. Голембовский В. В., Коровин А. А., Сергеева Н. В. Перспективность внедрения биотехнологии конверсии органосодержащих отходов вермикультурой // *Вестник КрасГАУ*. 2025. № 4. С. 3–15. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-3-15.

Об авторах:

Владимир Владимирович Голембовский, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории промышленной технологии производства продукции животноводства, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия; ORCID 0000-0003-3124-0587, AuthorID 1037177. E-mail: vv26@yandex.ru

Андрей Анатольевич Коровин, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории промышленной технологии производства продукции животноводства, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия; ORCID 0009-0004-2565-1149, AuthorID 1130738. E-mail: abv20korovin@yandex.ru

Цховребов Валерий Сергеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия; ORCID 0000-0002-4809-3264, AuthorID 182397. E-mail: tshovrebov@mail.ru

References

1. Zucca C., Fleiner R., Bonaiuti E., et al. Land degradation drivers of anthropogenic sand and dust storms. *Catena*. 2022; 219: 106575. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106575.

2. Syrchina N. V., Pilip L. V., Ashikhmina T. Ya. Chemical land degradation under the influence of animal husbandry waste. *Theoretical and Applied Ecology*. 2022; 3: 219–225. DOI: 10.25750/1995-4301-2022-3-219-225. (In Russ.)

3. Chebochakov E. Ya., Murtaev V. N. Current state of use of arable land in farms of different forms of ownership in Yenisei Siberia. *Bulliten of KSAU*. 2021; 2: 10–16. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-10-16. (In Russ.)

4. Grekhova I. V., Litvinenko N. V., Grekhova V. Yu. Organomineral fertilizers application efficiency on onion crops. *Bulliten of KSAU*. 2022; 9: 17–26. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-17-26. (In Russ.)
5. Tskhovrebov V. S., Esaulko A. N., Novikov A. A. Modern problems of soils fertility in Stavropol region. *Agrochemical Herald*. 2017; 4: 3–8. (In Russ)
6. Tskhovrebov V. S., Faizova V. I., Nikiforova A. M., Novikov A. A. Organic matter transformation in chernozems of arable and virgin lands in Stavropol region. *Agrochemical Herald*. 2017; 4: 13–88. (In Russ.)
7. Grechishkina Yu. I., Egorov V. P., Matvienko A. V. The balance of nutrients in the soil under the leading agricultural crops of the Stavropol Territory. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2023; 37 (7): 5–8. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_7_5. (In Russ)
8. Begday I. V., Kharin K. V., Ivanenko K. I. Monitoring the Ecological State of Agrogenic Soils in the Stavropol Territory. *Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences*. 2024; 18 (3): 5–15. DOI: 10.31161/1995-0675-2024-18-3-5-15. (In Russ)
9. Nigussie A., Kuyper T. W., Bruun S., et al. Vermicomposting as a technology for reducing nitrogen losses and greenhouse gas emissions from small-scale composting. *Journal of Cleaner Production*. 2016; 139: 429–439. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.08.058.
10. Shalavina E. V., Vasilev E. V., Uvarov R. A. Methods for environmentally safe use of animal/poultry manure on private farms in the Leningrad region. *AgroEcoEngineeriya*. 2021; 3 (108): 128–140. DOI: 10.24412/2713-2641-2021-3108-128-140. (In Russ.)
11. Berdiyev D. A. Vermicomposting of agricultural organic waste and the use of biohumus when growing agricultural crops. *Dagestan GAU Proceedings*. 2024; 4 (24): 30–36. DOI: 10.52671/26867591_2024_4_30. (In Russ.)
12. Byrayk S. M., Chernikova O. V., Mazhayskiy Yu. A. Restoration of fertility of unproductive sod podzolic soils re-introduced into agricultural circulation. *Bulliten of KSAU*. 2024; 1: 56–63. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-1-56-63. (In Russ.)
13. Chernikova O., Seregina T., Mazhayskiy Y., et al. Comparative analysis of the use of biostimulants on the main types of soil. *Agronomy Research*. 2021; 19 (Special Issue 1): 711–720. DOI: 10.15159/AR.21.075.
14. Tyurin V. G., Mysova G. A., Potemkina N. N., et al. Veterinary and sanitary assessment of modern biotechnological methods of manure processing. *Russian Journal "Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology"*. 2022; 2 (42): 230–238. DOI: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202202012. (In Russ.)
15. Yurina T. A., Belik M. A., Negreba O. N., et al. Increasing crop yields with partial biologization of production. *Machinery and Equipment for Rural Area*. 2023; 4 (310): 22–24. DOI: 10.33267/2072-9642-2023-4-22-24. (In Russ.)
16. Voronkova N. A., Balabanova N. F., Volkova V. A., et al. Application of microbial technologies in processing poultry waste used to increase soil fertility and spring wheat yield. *Bulletin of KSAU*. 2024; 12: 78–85. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12-78-85. (In Russ.)
17. Esaulko A. N., Ozheredova A. Yu., Zvereva O. S., et al. Efficiency of applying liquid biohumus doses on various nutrition backgrounds in cultivating potatoes on leached chernozem of the Stavropol upland. *International Agricultural Journal*. 2024; 67 (6): 2154–2167. DOI: 10.55186/25880209_2024_8_6_38. (In Russ.)
18. Kormin V. P., Ivanova M. V., Rostynyuk T. V. The effectiveness of using vermicompost for spring wheat on meadow-chernozem soil. *Bulletin of the Kursk State Agrarian University*. 2025; 3: 31–34. (In Russ.)
19. Golembovskiy V. V., Korovin A. A., Sergeeva N. V. Technological solution for processing fresh manure and droppings with characteristics of the obtained products. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2025; 26 (5): 1142–1158. DOI: 10.30766/2072-9081.2025.26.5.1142-1158. (In Russ.)
20. Golembovskiy V. V., Korovin A. A., Sergeeva N. V. Prospects of implementing biotechnology for organic waste conversion by vermiculture. *Bulletin of KSAU*. 2025; 4: 3–15. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-4-3-15. (In Russ.)

Authors' information:

Vladimir V. Golembovskiy, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of industrial technology of livestock production, North Caucasus Federal Agrarian Research Center, Mikhaylovsk, Stavropol Krai, Russia; ORCID 0000-0003-3124-0587, AuthorID 1037177. *E-mail: vvh26@yandex.ru*

Andrey A. Korovin, doctor of medical sciences, leading researcher of the laboratory of industrial technology of livestock production, North Caucasus Federal Agrarian Research Center, Mikhaylovsk, Stavropol Krai, Russia; ORCID 0009-0004-2565-1149, AuthorID 1130738. *E-mail: abv20korovin@yandex.ru*

Valeriy S. Tskhovrebov, doctor of agricultural sciences, professor, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia; ORCID 0000-0002-4809-3264, AuthorID 182397. *E-mail: tshovrebov@mail.ru*