

## АГРОНОМИЯ AGRONOMY

Научная статья

УДК 631.4:633.34

DOI: 10.34655/bgsha.2026.82.1.001

### Нитрификационная способность серой лесной почвы при различной обработке и применении деструкторов в условиях юга Западной Сибири

**Роман Анатольевич Горяев**

Кузбасский государственный аграрный университет им. В.Н. Полецкова, Кемерово, Россия

romananatol27@rambler.ru

**Аннотация.** Цель исследований – выявить влияние обработки серой лесной почвы и применение деструкторов на содержание нитратного азота и нитрификационную способность. Схема опыта включала 12 вариантов, в том числе 4 варианта контроля. Изучалось два способа обработки почвы при внесении двух разных по природе происхождения микробиологических препаратов, грибного препарата Стернифаг на основе гриба *Trichoderma* и бактериального на основе консорциума микроорганизмов, а также аммиачной селитры как совместно с препаратами, так и в форме контрольного варианта. Культуры, используемые в качестве тестовых в 2023-2024 гг. – яровая пшеница сорта Руследа и горох сорта Эрби. Нитрификационную способность определяли в лабораторных условиях по Кравкову. Результаты, полученные в опыте, подтвердили предположение о том, что применение микробиологических препаратов способствует увеличению накопления нитратного азота в почве до 53 мг/кг в 2023 году и до 30,9 мг/кг в 2024 году под действием препарата Биокомпозит. Влияние препарата Стернифаг было менее заметным, так накопление нитратного азота составило 26,2 мг/кг в 2023 году и 21,6 мг/кг в 2024 году. Урожайность исследуемых культур возросла под воздействием препарата Биокомпозит, так прибавка яровой пшеницы составила от 0,25-0,39 т/га при поверхностной и отвальной обработках, прибавка гороха составила от 0,02 т/га до 0,47 т/га на отвальной и поверхностной обработке соответственно. Влияние препарата Стернифаг повышало урожайность яровой пшеницы на 0,05 т/га на отвальной вспашке, по гороху – на отвальной вспашке на 0,04 т/га, на поверхностной – на 0,47 т/га.

**Ключевые слова:** обработка почвы, деструкторы, нитрификация, пшеница, горох, урожайность.

Original article

## Nitrification capacity of gray forest soil with different treatments and the usage of decomposers under the conditions of the south of Western Siberia

**Roman A. Goryaev**Kuzbass State Agrarian University named after V.N. Poletskov, Kemerovo, Russia  
romananatol27@rambler.ru

**Abstract.** The purpose of the research is to identify the effect of treatment of gray forest soils and the use of decomposers on the nitrate nitrogen content and nitrification ability. The scheme of the experiment included 12 options, including 4 control options. Two methods of soil cultivation were used when applying two microbiological preparations of different origins, the fungal preparation Sternifag based on the *Trichoderma* fungus and the bacterial preparation based on a consortium of microorganisms, as well as ammonium nitrate both in combination with the preparations and in the form of a control variant. Crops used as test crops in 2023-2024 were the spring wheat of the Ruslada variety and peas of the Erbi variety. The nitrification ability was determined under laboratory conditions according to Kravkov. The experimental results confirmed the assumption that the use of microbiological preparations contributes to an increase in the accumulation of nitrate nitrogen in the soil to 53 mg/kg in 2023 and to 30.9 mg/kg in 2024 under the usage of the preparation Biocomposit. The effect of Sternifag was less noticeable, so the accumulation of nitrate nitrogen was 26.2 mg/kg in 2023 and 21.6 mg/kg in 2024. The yield capacity of the studied crops increased under the influence of the Biocomposit preparation; the increase in spring wheat ranged from 0.25-0.39 t/ha with surface and dump treatments, the increase in peas ranged from 0.02 t/ha to 0.47t/ha with dump and surface treatments, respectively. The usage of the Sternifag preparation increased the yield capacity of spring wheat by 0.05 t/ha on dump plowing, for peas on dump plowing – by 0.04 t/ha, during treatment on surface – by 0.47 t/ha.

**Keywords.** Soil cultivation, decomposers, nitrification, wheat, peas, yield capacity.

**Введение.** Процесс нитрификации является показателем азотного питания растений, в результате которого образуются нитраты и нитриты. У многих исследователей возникают вопросы о том, как влияет способ обработки почвы на происходящий процесс, и его интенсивность зависит от многих условий фона минерального питания, уровня агротехники, климатических условий и возделываемых растений. Изучению накопления азота уделяется большое внимание в работах ученых [1]. Активность почвенной микрофлоры в этом случае является определяющей<sup>1</sup>. Недостаток минерального азота приводит к снижению продуктивности возделываемых культур и является основой для применения высоких доз минеральных удобрений [2]. По исследованию динамики накопления минерального азота

имеются различные данные о том, как влияет обработка почвы на способность формировать нитратный азот [3]. В выборе основной обработки почвы поверхностной на глубину 10-12 см либо отвальной на 20-22 см определенную роль играет и величина содержания нитратного азота для последующих культур в севообороте<sup>2</sup>.

Нитрификационная способность в том числе зависит от вида и количества растительных остатков, а также их распределения в слое почвы. Условия температуры и сложения почвы, затрудняющие доступ воздуха, замедляют интенсивность микробиологических процессов на поверхностной обработке, при отвальном способе растительные остатки, попадая на дно борозды, оказываются в более благоприятных условиях по влаге и аэрации, что

<sup>1</sup> Звягинцев Д.Г., Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: Изд-во МГУ, 2005. 445 с.

<sup>2</sup> Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.

может ускорить процесс минерализации органического вещества.

По этим причинам для оптимизации питания растений имеется возможность применения приемов биологизации земледелия. Одним из вариантов улучшения биологической активности почвы является использование микробиологических препаратов [4-5]. Использование минеральных удобрений с одновременной обработкой почвы и применением деструкторов обеспечивает прибавку урожайности культур [6-9].

**Цель исследования** – выявить влияние обработки серой лесной почвы и применение деструкторов на содержание нитратного азота и нитрификационную способность почвы и урожайность сельскохозяйственных культур.

**Объекты и методы.** Исследования проводились в условиях опыта, заложенного в хозяйстве ИП Глава КФХ Горяев Р.А. Кемеровской области, Ижморский округ, село Красный Яр.

Опыт заложен в четырехпольном севообороте. После уборки предшествующей культуры в 2022 г. было проведено внесение аммиачной селитры и препаратов-деструкторов с последующей заделкой растительных остатков в почву. Весной, при наступлении физической спелости почвы, были проведены агротехнологические операции: закрытие влаги, предпосевная культивация и посев. Поверхностная обработка на глубину 10-12 см проводилась бороной дисковой БДТ-3, агрегируемой трактором МТЗ-82.1. Отвальная обработка на глубину 20-22 см проводилась плугом ПЛН 3-35, агрегируемым трактором МТЗ-82.1. Делянки в фазе кущения обрабатывались против сорняков гербицидами в составе баковой смеси в нормах, рекомендуемых заводом изготовителем: Магнум – 10 г/га, Банвел – 200 г/га, Пума Супер – 500 г/га. Уборку осуществляли комбайном Дон-1500 Б, внесение препаратов трактором МТЗ-82.1 и опрыскивателем ОПШ-2000. В данной статье отражены результаты исследований, проведенные в период 2023 – 2024 гг. при возделывании яровой пшени-

цы сорта «Руслада» и гороха сорта «Эрби».

В опыте изучалось влияние обработки почвы совместно с применением микробиологических препаратов-деструкторов на фоне использования азотного удобрения ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) и вариантов контроля.

Почвенные пробы отбирали в течение вегетации три раза с глубины 0-20 см в следующие сроки: после посева 14.05.2023 г. и 24.05.2024 г., перед уборкой 16.08.2023 г. и 30.08.2024 г., после применения препаратов и обработки почвы 14.10.2023 г. и 24.10.2024 г. Перед проведением анализов по определению содержания нитратного азота и нитрификационной способности почвы определяли содержание влаги термостатно-весовым методом в соответствии с ГОСТ 28268-89. Повторность в опыте 4-кратная, площадь делянки 1440 м<sup>2</sup>. В течение 2023 г. количество осадков за год составило 404 мм, или 70,8 % от нормы, наибольшее количество осадков выпадало в августе – 64 мм, в течение 2024 г. количество осадков было выше со значением 492 мм, или 86,3% от нормы, наибольшее количество осадков выпадало на август – 92 мм, ГТК вегетационного периода составил 0,9 в 2023 г. и 1,2 в 2024 г.

Объект исследований: почва серая лесная тяжелосуглинистая.

Содержание органического вещества повышенное – 7,66 %, содержание нитратного азота низкое – 5,97 мг/кг, содержание фосфора низкое – 8,61 мг/кг, содержание калия низкое – 15,84 мг/кг, реакция почвенного раствора слабокислая с величиной pH 4,9. Схема опыта включала 12 вариантов в трехфакторном полевом опыте: фактор А – микробиологический препарат, фактор Б – обработка почвы, С – удобрение (табл. 1).

Препараты-деструкторы представляли собой микробиологические составы на основе бактерий и грибов. Препарат Биоккомпозит (производство Щелково агрохим, г. Москва) состоит из консорциума микроорганизмов в  $1 \cdot 10^9$  КОЕ/г. Препарат Стернифаг (производство Агробиотехнологии, г. Белгород) с действующим

Таблица 1 – Схема опыта

Поверхностная 10 – 12 см		Отвальная 20 – 22 см	
Контроль	Контроль N20 кг д. в/га	Контроль	Контроль N20 кг д. в/га
Биокомпозит	Биокомпозит N20 кг д. в/га	Биокомпозит	Биокомпозит N20 кг д. в/га
Стернифаг	Стернифаг N20 кг д. в/га	Стернифаг	Стернифаг N20 кг д. в/га

веществом *Trichoderma harzianum* в  $10 \cdot 10^{10}$  КОЕ/г. Норма расхода рабочего раствора 300 л/га. Уборку предшествующей культуры, внесение препаратов и минерального удобрения, а также обработку почвы осуществляли без разрыва во времени в течение одного рабочего дня. Деструкторы применяли согласно рекомендуемым нормам: препарат Стернифаг – 80 г/га, Биокомпозит – 3л/га. Аммиачную селитру  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  применяли как совместно с препаратами, так и в вариантах контроля в дозе 20 кг д.в. /га. Величина нитрификационной способности почвы изучалась путем постановки лабораторных опытов по методике С.П. Кравкова в изложении почвенного института им. Докучаева. Показателем являлось количество нитратного азота, которое образовалось после компостирования при заранее заданных условиях температуры

$t = 28^\circ\text{C}$  и влажности 60 %. Изучалось влияние удобрений, деструкторов растительных остатков, обработки почвы образцов, отобранных с опытного участка согласно вариантам опыта и абсолютного контроля в трехкратной повторности. Математическую обработку полученных результатов исследований проводили по методике Доспехова Б.А.<sup>3</sup> с использованием программ Microsoft Excel.

**Результаты и обсуждение.** На всех вариантах опыта показатели влажности возрастали во втором и третьем сроках отбора почвы, что было значимо, так как при влажности 25% и более прослеживалось замедление процесса нитрификации. В 2023 и 2024 гг. среднее содержание влажности почвы было выше на отвальной вспашке, по сравнению с поверхностной обработкой почвы, до 2,5 и 3,7% соответственно (табл. 2).

Таблица 2 – Влажность почвы, %

Варианты	Азот	Поверхностная 10 – 12 см				Отвальная 20 – 22 см			
		срок отбора			Среднее	срок отбора			Среднее
		1	2	3		1	2	3	
2023 год									
Контроль	0	31,9	34,5	31,9	32,7	32,7	33	37,5	34,3
	N20 кг д. в/га	29,8	33,9	32	31,9	31,9	33	39,4	34,7
Биокомпозит	0	32	32,1	39,5	34,5	32,6	34,1	43,6	36,7
	N20 кг д. в/га	36,2	32,8	40,6	36,5	36,8	37,3	43,6	39,2
Стернифаг	0	36,9	34,3	36,5	35,9	32,2	36,7	41,1	36,6
	N20 кг д. в/га	30,8	33,7	36,2	33,5	34,9	37,6	43,2	38,6
Среднее по опыту		33	33,5	36	34,1	33,5	35,2	41,4	36,6
2024 год									
Контроль	0	19,8	27,2	33	26,6	27	31,3	38,6	32,3
	N20 кг д. в/га	20,7	27,3	30,8	26,2	26,4	34,4	37,5	32,7
Биокомпозит	0	26,6	33,5	38,5	32,8	27,9	38,9	42,8	36,3
	N20 кг д. в/га	27,8	34,8	39,1	33,9	26,7	36	41,1	34,6
Стернифаг	0	25,5	34,5	37,1	32,3	25,8	32,8	42,8	33,8
	N20 кг д. в/га	20,7	31,4	34,1	28,7	25,3	31,1	41,8	32,7
Среднее по опыту		23,5	31,4	35,4	30	26,4	34	40,7	33,7

<sup>3</sup> Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учебник для вузов. М.: Альянс, 2011. 352 с.

Таблица 3 – Содержание нитратного азота N – NO<sub>3</sub> мг/кг до и после компостирования, 2023-2024 гг.

Варианты (Фактор А)	Обработка (Фактор В)	Азот (Фактор С)	До компостирования									После компостирования					
			2023 г.			2024 г.			2024 г.			2023 г.			2024 г.		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Контроль	поверхностная	0	7,4	3,5	3,1	18,8	4,1	8,2	23,8	26,4	6,3	25,4	19,6	30,8			
	поверхностная	N <sub>20</sub> кг д. в	12,7	4,6	1,5	17,2	3,7	6,5	38,4	26,8	3,2	39,3	15,5	27,7			
	вспашка	0	12,3	5,8	2,7	23,2	5,8	7,1	48	20,6	6,7	50,9	24,3	18,7			
Биокомпозит	вспашка	N <sub>20</sub> кг д. в	10,7	5,5	2	22,3	6	12	44,1	20,1	4,8	30,2	28,1	19,4			
	поверхностная	0	10,8	4	2,5	16,4	7,6	8,2	28,3	31,9	6,3	28,5	32,2	32,8			
	поверхностная	N <sub>20</sub> кг д. в	13,3	4,1	4,5	18,6	8,1	8,4	66,3	20,6	6,4	26,3	32,1	29,9			
Стернифаг	вспашка	0	9,5	4	2,8	20,3	9,3	7	44,1	20,1	4,8	23,2	32,9	26			
	вспашка	N <sub>20</sub> кг д. в	10	5	6,8	22,6	6,7	13,3	42,1	24,4	11,7	31,4	28,4	34,1			
	поверхностная	0	9,6	4,7	2,2	17,2	7,3	7,4	28,7	22,6	7,4	31,7	26,7	33,4			
НСР05 по факторам А В С	поверхностная	N <sub>20</sub> кг д. в	11,3	4,6	2,2	16,4	6,2	14,2	27,9	30,8	6,9	30,6	30,8	26,7			
	вспашка	0	10,7	4,7	2	23,8	8,6	9,4	27,1	29,1	5	23,8	25,3	20,3			
	вспашка	N <sub>20</sub> кг д. в	13,1	5,1	4,3	23,2	10,7	57,9	27,5	26,3	7,3	43,8	29,2	46,5			
		А	-	0,2	0,3	-	0,4	0,8	3,9	-	-	-	3,6	4,6			
		В	-	0,3	0,4	1,6	0,5	1,2	-	-	-	-	-	5,6			
		С	1,5	0,3	0,4	-	-	1,2	4,8	-	-	-	-	5,6			

Оценка нитрификационной способности является важным элементом агротехники, так как на основании полученных данных имеется возможность корректировки нормы внесения азотных удобрений.

После компостирования (табл. 3) в 2023 году наибольшее содержание было в варианте с применением препарата Биокомпозит на поверхностной обработке 66,3 мг/кг, остальные варианты уступали варианту контроля с удобрением, на отвальной вспашке также контрольный вариант преобладал над вариантами с применением препаратов. В последующие сроки отбора при компостировании содержание снижалось и было наибольшим в варианте с препаратом Биокомпозит при поверхностной обработке 31,9 мг/кг, в третьем сроке – с вариантом Биокомпозит – 11,7 мг/кг.

После компостирования в 2024 году данные, полученные для первого срока отбора, по вариантам не превышали контрольного значения на отвальной вспашке 50,9 мг/кг. Во втором сроке отбора наибольшее содержание было 32,9 мг/кг на отвальной вспашке. В третьем сроке отбора варианты с поверхностной обработкой преобладали над вариантами с отвальной вспашкой, кроме варианта с применением препарата Стернифаг с азотом, превышающим вариант с поверхностной обработкой на 1,5 мг/кг. Как известно, от интенсивности процесса нитрификации зависит степень обеспеченности растений азотом, что подтверждается в работе Л.Б. Сайфуллиной [8]. Многие исследователи считают уровень нитрифицирующей способности почвы объективным показателем ее плодородия, отмечая связь этого процесса с урожаем полевых культур. Вместе с тем, по годам определенной закономерности во влиянии биопрепаратов на нитрифицирующую способность почвы в вариантах обработок почвы не установлено, однако при первых сроках отбора почвы явно отмечалось превосходство над последующими, полученные результаты исследований согласуются с исследованиями Скороходова В.Ю. [9].

В нашем опыте, согласно полученным результатам, нитрификационная способность почвы была высокой при первых сроках отбора. В опыте на вариантах с применением препарата Биокомпозит нитрификационная способность уменьшалась до средней перед уборкой и возрастала после применения препарата и обработки почвы. По остальным вариантам перед уходом в зиму нитрификационная способность характеризовалась низкими и очень низкими показателями.

В 2024 году полученные данные для первого срока отбора не превышали контрольных значений и в целом были ниже показателей 2023 года в поздние сроки отбора. Показатели перед уборкой были повышенными в вариантах с использованием препаратов, и перед уходом в зиму сохранилась та же тенденция. В сравнении с 2023 годом по всем вариантам опыта величина нитрификационной способности была от средней до повышенной, значительно превышая данные 2023 года, за исключением варианта опыта с применением грибного препарата, где показатель после инкубирования снижался.

Исследования показали, что применение деструкторов осенью в рекомендуемых дозах с внесением аммиачной селитры после уборки культур и одновременное проведение обработки почвы, оказывало существенное влияние на продуктивность культур в севообороте за счет лучшего питания растений (табл. 4).

Действие грибного препарата Стернифаг в сравнении с контролем на отвальной вспашке было выше при применении азота: урожайность пшеницы в действии повышалась на 0,05 т/га, а гороха была ниже, чем на контроле, как с азотом, так и без него на 0,14-0,15 т/га, на поверхностной обработке урожайность пшеницы превышала контроль, соответственно, на 0,09-0,13 т/га, урожайность гороха превышала на 0,16-0,25 т/га.

Варианты опыта с применением бактериального препарата Биокомпозит по пшенице на отвальной вспашке с азотом превышали контроль на 0,21 т/га, без азота прибавка составила 0,25 т/га, по горо-

**Таблица 4** – Урожайность гороха и яровой пшеницы при использовании микробиологических препаратов и азотного удобрения т/га

Вариант (фактор А)	Обработка почвы (фактор Б)	Азот (фактор С)	Урожайность яровой пшеницы, т/га	Урожайность гороха, т/га
Контроль	вспашка	N20 кг д. в/га	1,04	1,47
		0	0,95	1,44
	поверхностная	N20 кг д. в/га	0,81	0,95
		0	0,73	1,01
Стернифаг	вспашка	N20 кг д. в/га	1,09	1,32
		0	0,89	1,3
	поверхностная	N20 кг д. в/га	0,94	1,2
		0	0,82	1,17
Биокомпозит	вспашка	N20 кг д. в/га	1,25	1,51
		0	1,2	1,46
	поверхностная	N20 кг д. в/га	1,2	1,42
		0	1,03	1,39
НСР05 по факторам		А	0,1	0,1
		В	0,1	0,1
		С	0,1	–

ху без азота – 0,02 т/га, с азотом – 0,04 т/га, на поверхностной обработке наибольшая прибавка была 0,47 т/га с применением азота, 0,38 т/га без азота.

**Выводы.** 1. Под действием бактериального препарата при поверхностной обработке почвы наблюдается наибольшая интенсивность процесса нитрификации в начальный период наблюдений и составляла 66,3 мг/кг.

2. Урожайность пшеницы без применения удобрений и препаратов состави-

ла 0,73-0,95 т/га и возрастала за счет применения удобрения до 0,81-1,04 т/га, на отвальной вспашке урожайность была выше, чем на поверхностной, на 0,23 т/га с применением удобрений и на 0,22 т/га без удобрений,

3. Урожайность гороха в контрольных вариантах 1,01-1,44 т/га, с удобрением – 0,95-1,47 т/га, варианты с отвальной вспашкой без азота превышали поверхностные на 0,43 т/га с азотом – на 0,52 т/га.

#### Список источников

1. Будажапов Л.В., Уланов А.К., Билтуев А.С. Управление плодородием каштановой почвы и прогнозируемые сценарии урожая яровой пшеницы: цифровая база, статистики и модели диагностики (по данным длительного полевого опыта географической сети опытов с удобрениями) // Плодородие. 2021. № 3. С. 39-44. DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.06. EDN: BHZHBN

2. Журавлев Д.Ю., Ярошенко Т.М., Климова Н.Ф. Продуктивность севооборота при длительном применении минеральных удобрений в изменяющихся климатических условиях Степного Поволжья // Аграрный научный журнал. 2022. № 5. С. 21–26. DOI: 10.28983/asj.y2022i5pp21-26. EDN: PVWRTU

3. Влияние способов обработки пашни и внесения минеральных удобрений на нитрификационную активность почвы и формирование урожая озимой пшеницы / Л.Б. Сайфуллина, З.М. Азизов, Д.А. Степаненко, В.А. Куликова // Аграрный вестник Юго-Востока. 2018. № 3. С. 42–47. EDN: YVAWJF

4. Влияние систем приемов основной обработки почвы в сочетании с применением азотного удобрения на урожайность сортов озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья / З.М. Азизов, В.В. Архипов, И.Г. Имашев, Л.Б. Сайфуллина // Аграрный научный журнал. 2023. № 10. С. 4–13. DOI: 10.28983/asj.y2023i10pp4-13. EDN: UZCEAU

5. Зеленев А.В., Игольникова Л.В., Смутнев П.А. Эффективность применения биопрепаратов при

выращивании озимой пшеницы в Нижнем Поволжье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1(57). С. 64–74. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-06. EDN: YDDEAQ

6. Ващенко А.В., Каменев Р.А., Солодовников А.П., Жук Е.А. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под подсолнечник на черноземе обыкновенном // Аграрный научный журнал. 2020. № 1. С. 4–8. DOI: 10.28983/asj.y2020i1pp4-8. EDN: XDFOAU

7. Турусов В.И., Балюнова Е.А. Биологическая активность почвы под озимой пшеницей в различных севооборотах // Плодородие. 2022. № 3 (126). С. 68–71. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.18. EDN: QNVETG

8. Нитрификационная способность почвы как интегральный показатель мониторинга почвенного плодородия / Л.Б. Сайфуллина, З.М. Азизов, И.Г. Имашев, О.А. Воронцова, И.И. Демакина // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 3. С. 51–55. DOI: 10.31857/S2500262722030103. EDN: GCVHSA

9. Скороходов В.Ю. Продуктивность яровой мягкой пшеницы в сопряжении с содержанием макроэлементов и биологической активностью почвы на черноземах южных степной зоны Южного Урала // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2(54). С. 46–53. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-2-46-53. EDN: DUYNMR

### References

1. Budazhapov L.V., Ulanov A.K., Biltuev A.S. Chestnut soil fertility management and forecasting spring wheat yield scenarios: digital base, statistics and diagnostic models (according to data of long-term field experiment part of geographical network of experiments with fertilizers). *Plodorodie*. 2021;3:39-44 (In Russ.). DOI: 10.25680/S19948603.2021.120.06

2. Zhuravlev D.Yu., Yaroshenko T.M., Klimova N.F. Productivity crop rotation with long-term use of mineral fertilizers in the changing climatic conditions of the steppe Volga region. *Agrarian Scientific Journal*. 2022;5:21–26 (In Russ.). DOI: 10.28983/asj.y2022i5pp21-26

3. Saifullina L.B., Azizov Z.M., Stepanchenco D.A., Kulikova V.A. The Influence of methods of processing of arable land and the application of mineral fertilizers on the nitrification activity of the soil and formation of the harvest of winter wheat. *Agrarian Reporter of South-East. All-Russian Scientific and Practical Magazine*. 2018;3:42–47 (In Russ.)

4. Azizov Z.M., Arkhipov V. V., Imashev I.G., Saifullina L.B. The influence of systems of practices of basic tillage soil in combination with the use of nitrogen fertilizer on the yield of winter wheat varieties in the conditions of the lower Volga region. *Agrarian Scientific Journal*. 2023;10:4–13 (In Russ.). DOI: 10.28983/asj.y2023i10pp4-13

5. Zelenev A.V., Igolnikova L.V., Smutnev P.A. Efficiency of application of biological preparations at cultivation of winter wheat in the Lower Volga Region. *Proceedings of Lower Volga agro-university complex: science and higher education* 2020;1(57):64–74 (In Russ.). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-06

6. Vashenco A.V., Kamenev R.A., Solodovnikov A.P., Zhuk E.A. Application of mineral fertilizers and bacterial preparations for sunflower on ordinary chernozem. *Agrarian Scientific Journal*. 2020;1:4–8 (In Russ.). DOI: 10.28983/asj.y2020i1pp4-8

7. Turusov V.I., Balyunova E.A. Biological activity of soil under winter wheat in different crop rotations. *Plodorodie*. 2022;3(126):68-71 (In Russ.). DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.18

8. Saifullina L.B., Azizov Z.M., Imashev I.G., Vorontsova O.A., Demakina I.I. Soil nitrification capacity as an integral indicator of soil fertility monitoring. *Russian Agricultural Science*. 2022;3:51–55 (In Russ.). DOI: 10.31857/S2500262722030103

9. Skorokhodov V.Yu. Productivity of spring soft wheat in conjunction with the content of macroelements and bioactivity of soil on the black soils of the southern steppe zone of the Southern Urals. *Bulletin of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021;2(54):46–53 (In Russ.). DOI: 10.18286/1816-4501-2021-2-46-53

### Сведения об авторе

**Роман Анатольевич Горяев** – аспирант кафедры агрономии и агроэкологии, Кузбасский государственный аграрный университет, Romananatol27@rambler.ru

### Information about the author

**Roman A. Goryaev** – postgraduate student of the Department of Agronomy and Agroecology, Kuzbass State Agrarian University, Romananatol27@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 20.10.2025; одобрена после рецензирования 21.01.2026; принята к публикации 10.02.2025.

The article was submitted 20.10.2025; approved after reviewing 21.01.2026; accepted for publication 10.02.2026.