

Научная статья

УДК 631.51

doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-4-23-28

**ДИНАМИКА ПОДВИЖНЫХ ФОРМ НИТРАТНОГО И АММОНИЙНОГО АЗОТА
В ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ САМАРСКОГО АГРАРНОГО КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА****Наталья Михайловна Троц¹, Галина Игнатьевна Чернякова², Анна Алексеевна Бокова^{3✉},
Евгений Евгеньевич Суворов⁴**^{1, 2, 3, 4} Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия.^{1, 2, 3, 4} Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, Самара, Россия.¹troz_shi@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3774-1235>²chernyakovagi@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1339-4769>³anuta1998b@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5193-364X>⁴ee_suvorov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5702-0246>

Резюме. Цель исследований: дать оценку динамики подвижных форм нитратного и аммонийного азота в черноземных почвах при различных способах обработки в условиях центральной агроклиматической зоны Самарской области. В статье приведена динамика изменения содержания нитратного, аммонийного азота и соотношение C:N в пахотных почвах при разных технологиях обработки - традиционной классической и ресурсосберегающей нулевой технологии No-till, расположенных на полях ФГБОУ ВО «Самарский аграрный университет» Кинельского района Самарской области и хозяйства ООО «Орловка АИЦ» Похвистневского района. На территории ООО «Орловка-АИЦ» на мониторинговых площадках № 1, 2 и 3 произошло повышение содержания нитратного азота в почве в 2023 году по сравнению с показателями 2021 года в 5,4, 1,9 и 1,1 раз соответственно, однако на всех исследуемых почвах произошло снижение содержания аммиачной формы азота в 1,7-9,6 раза. Анализ результатов по содержанию минеральных форм азота на полях ФГБОУ ВО «Самарский аграрный университет», позволяет отметить, что за 2021-2023 гг. произошло увеличение концентрации нитратной формы азота в почве в среднем в 2,4-9,7 раза, а содержание аммиачного азота увеличилось в 1,3-2,0 раза. Полученные результаты соотношения C:N в почвах при ресурсосберегающих технологиях находятся в пределах от 19-32, что указывает на обогащение гумуса азотом. Значения соотношения C:N в почвах при традиционной обработке почвы в 2021 г составили от 42-53, что указывает на преимущественное накопление углерода в сравнении с азотом. В 2023 году произошло изменение в сторону обогащения гумуса азотом с варьированием соотношения C:N от 14 до 33.

Ключевые слова: азот, подвижная форма, обработка почвы, классическая технология, нулевая (No-till) технология, мониторинг земель, класс обеспеченности, питательная ценность.

Для цитирования: Троц Н. М., Чернякова Г. И., Бокова А. А., Суворов Е. Е. Динамика подвижных форм нитратного и аммонийного азота в черноземных почвах Самарского аграрного карбонового полигона // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. Т. 9, № 4. С. 23-28. doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-4-23-28

Original article

**DYNAMICS OF MOBILE FORMS OF NITRATE AND AMMONIUM NITROGEN
IN CHERNOZEM SOILS OF THE SAMARA AGRARIAN CARBON POLYGON****Natalya M. Trots¹, Galina I. Chernyakova² Anna A. Bokova^{3✉}, Evgenij E. Suvorov⁴**^{1, 2, 3, 4} Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia^{1, 2, 3, 4} Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara, Russia¹troz_shi@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-3774-1235>²chernyakovagi@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1339-4769>³anuta1998b@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5193-364X>⁴ee_suvorov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5702-0246>

Abstract. The purpose of the research is to assess the dynamics of mobile forms of nitrate and ammonium nitrogen in chernozem soils with different methods of cultivation in the conditions of the central agroclimatic zone of the Samara region. The article presents the dynamics of changes in the content of nitrate, ammonium nitrogen and the C:N ratio in arable soils with different cultivation technologies - traditional classical and resource-saving zero technology No-till, located in the fields of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Samara Agrarian University" of the Kinelsky District of the Samara Region and the farm LLC "Orlovka AIC" of the Pokhvistnevsky District. On the territory of Orlovka-AIC LLC, at monitoring sites № 1, 2 and 3, there was an increase in the content of nitrate nitrogen in the soil in 2023 compared to 2021 by 5.4, 1.9 and 1.1 times respectively, however, on all

studied soils, there was a decrease in the content of ammoniacal nitrogen by 1.7-9.6 times. Having analyzed the results on the content of mineral forms of nitrogen in the fields of the Samara Agrarian University, it can be noted that in 2021-2023, there was an increase in the concentration of nitrate form of nitrogen in the soil by an average of 2.4-9.7 times, and the content of ammoniacal nitrogen increased by 1.3-2.0 times. The obtained results of the C:N ratio in soils with resource-saving technologies are in the range of 19-32, which indicates the enrichment of humus with nitrogen. The C:N ratio values in soils under conventional tillage in 2021 ranged from 42-53, indicating a preferential accumulation of carbon compared to nitrogen. In 2023, there was a change towards enrichment of humus with nitrogen, with C:N fluctuating from 14 to 33.

Key words: nitrogen, mobile form, soil cultivation, classical technology, zero (No-till) technology, land monitoring, provision class, nutritional value.

For citation: Trotz, N. M., Chernyakova, G. I., Bokova, A. A. & Suvorov, E. E. (2024). Dynamics of mobile forms of nitrate and ammonium nitrogen in chernozem soils of the Samara agrarian carbon polygon. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 9, 4, 23-28. doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-4-23-28 (in Russ).

Одной из особенностей современного земледелия является усиление негативного антропогенного влияния на почву, что приводит к снижению почвенного плодородия, связанного с нерациональным использованием пашни, сокращением применения органических и минеральных удобрений, интенсивными механическими обработками почвы. В связи с чем особое значение приобретают вопросы сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, ресурсоэкономичности, экологической безопасности и рентабельности сельскохозяйственного производства [1].

В Самарской области в последние годы сократились площади среднегумусных черноземов, на 10 % увеличились площади малогумусных и слабогумусированных черноземов. Пахотные земли бедны подвижным азотом и фосфором [2]. Большой интерес для разработки мероприятий по этой проблеме представляют исследования в длительных стационарных опытах по изучению динамики питательных веществ в почве, баланса гумуса, влияния на эти показатели структуры посевов, погодных условий, способа обработки почвы и др. факторов для разработки новых приемов повышения почвенного плодородия.

Важно контролировать содержание азота в почве, которое зависит от количества органического вещества, прежде всего гумуса [3]. Следовательно, чем больше гумуса содержат почвы, тем больше в них азота. При проведении почвенного мониторинга одним из показателей оценки обеспеченности почв агроценозов органическим углеродом и азотом, доступным для минерализации является соотношение C:N. Чем оно меньше, тем богаче гумус азотом и тем выше его питательная ценность [4].

Цель исследований: дать оценку динамики подвижных форм нитратного и аммонийного азота в черноземных почвах при различных способах обработки в условиях центральной агроклиматической зоны Самарской области.

Задачи исследований: определить степень обеспеченности агроценозов органическим углеродом и подвижными формами азота; рассчитать соотношение C:N в почвах при использовании практик традиционного и почвозащитного ресурсосберегающего земледелия.

Материалы и методы исследования. Объектами исследования являлись пахотные почвы, на которых проводится традиционная обработка, расположенные на опытных полях ФГБОУ ВО «Самарский аграрный университет», представленные черноземами обыкновенными, остаточно-луговатыми, карбонатными и солончаковыми; и почвы, расположенные на территории растениеводческого хозяйства ООО «Орловка АИЦ» в Похвистневском районе Самарской области, представленные черноземом типичным и выщелоченным, типичным карбонатным перерытым и остаточно-карбонатным, а также аллювиальной дерновой остепеняющейся почвами, на которых практикуют нулевую обработку почвы с 2012 года [5, 6].

Для проведения аналитического исследования на полях ООО «Орловки АИЦ» и ФГБОУ ВО «Самарский аграрный университет» были выбраны по пять мониторинговых площадок (табл. 1) по показателям разнообразия почвенных типов (черноземы, аллювиальные дерновые насыщенные), подтипов (выщелоченные, типичные), родов (обыкновенные, карбонатно перерытые, остаточно-карбонатные), подтипов (аллювиальные дерновые насыщенные остепеняющиеся), механического состава (легкоглинистый, тяжелосуглинистый, среднесуглинистый), содержания гумуса в верхнем горизонте и его запас, а также учитывалась занимаемая площадь в процентном отношении, способ обработки почвы, степень освоенности. Размер мониторинговой площадки согласно ГОСТ 17.4.3.01-2017 [7] составил 1 га, размер пробной площадки 10×10 м. Образцы на содержание в почве нитратного, аммонийного и общего азота отбирались в 2021-2023 гг. с глубины 0-20 см.

Почвы аграрного полигона ФГБОУ ВО Самарский ГАУ представлены в основном черноземом обыкновенным остаточно-луговатым со средним запасом гумуса 150 т/га, содержанием гумуса 4,9%, $pH_{вод}$ 6,5-6,9, подвижного фосфора 170 мг/кг, подвижного калия 140 мг/кг.

Почвы аграрного полигона ООО «Орловка АИЦ» относятся к черноземам выщелоченным и типичным и характеризуются высоким запасом гумуса 180 т/га, содержанием гумуса 6,7%, $pH_{вод} = 5,9-7,2$, подвижного фосфора 140 мг/кг, подвижного калия 173 мг/кг.

Таблица 1

Почвенные разновидности мониторинговых площадок
опытных полей ФГБОУ ВО «Самарский аграрный университет» и ООО «Орловки АИЦ»

№ мониторинговой площадки	Почвы на полях ООО «Орловки АИЦ»	Почвы на полях ФГБОУ ВО «Самарский аграрный университет»
1	Чернозем выщелоченный среднегумусный среднесильный слабосмытый легкогоглинистый	Чернозем обыкновенный остаточнолуговатый солончаковатый слабозасоленный хлоридный среднегумусный среднесильный легкосуглинистый
2	Чернозем типичный карбонатный перерытый малогумусный маломощный среднесильный легкогоглинистый	Чернозем обыкновенный остаточнолуговатый среднегумусный среднесильный среднесуглинистый
3	Чернозем типичный среднегумусный маломощный легкогоглинистый	Чернозем обыкновенный остаточнолуговатый карбонатный тучный среднесильный тяжелосуглинистый
4	Чернозем типичный остаточнолуговатый среднегумусный маломощный среднесуглинистый	Чернозем обыкновенный солончаковатый слабозасоленная хлоридная малогумусный среднесильный среднесуглинистый
5	Аллювиальная дерновая насыщенная остепняющаяся слабогумусная маломощная среднесуглинистая	Чернозем обыкновенный остаточнолуговатый среднегумусный среднесильный легкосуглинистый

Результаты исследований. Азот органического вещества почвы непосредственно недоступен для растений, поэтому об обеспеченности растений почвенным азотом судят по содержанию в почве минерального азота: нитратов (NO_3^-), нитритов (NO_2^-); аммиачной формы (NH_4^+). По результатам исследования содержание нитратного и аммиачного азота на мониторинговых площадках ООО «Орловка-АИЦ» и ФГБОУ ВО «Самарский аграрный университет» градиация почв за исследуемый период не изменилась и характеризуются низкой и очень низкой обеспеченностью.

На территории ООО «Орловка-АИЦ» на мониторинговых площадках № 1, 2 и 3 произошло повышение содержания нитратного азота в почве в 2023 году по сравнению с показателями 2021 года в 5,4, 1,9 и 1,1 раз соответственно, обеспеченность нитратной формой азота осталась очень низкой. На мониторинговой площадке № 4 содержание нитратного азота не изменилось и равнялось 1,1 мг/кг, что характеризуется низкой степенью обеспеченности. На площадке № 5 отмечено снижение концентрации нитратного азота в 2 раза, что по степени обеспеченности соответствует очень низкому содержанию. В исследуемых почвах произошло снижение содержания аммиачной формы азота в среднем в 1,7-9,6 раза. Исходя из полученных результатов, обеспеченность почв классифицировалась из градиации низкой в очень низкую за исключением 3 мониторинговой площадки, где выявлено повышение концентрации аммиачной формы азота в 1,3 раза (на 30 %), и почва характеризуется низкой степенью обеспеченности аммиачным азотом.

По результатам исследований содержания минеральных форм азота на полях ФГБОУ ВО «Самарский аграрный университет», можно отметить, что за исследуемый период произошло увеличение концентрации нитратной формы азота в почве в среднем в 2,4-9,7 раза. Наибольший рост содержания отмечен на площадке № 5, которая была введена в сельскохозяйственный оборот в 2023 году после многолетней залежи и используется для выращивания культур с применением классической системы обработки почвы.

В целом, почвы характеризуются очень низкой степенью обеспеченности нитратным азотом. Несмотря на то, что за период 2021-2023 гг содержание аммиачного азота в почвах увеличилось в 1,3-2,0 раза по существующей градиации обеспеченности аммиачным азотом изменилась из очень низкой в низкую степень. На мониторинговой площадке № 2 произошло снижение концентрации аммиачной формы азота в 2,1 раз, и почва перешла из градиации низкой в очень низкую обеспеченность.

Содержание общего азота в почвах ООО «Орловка-АИЦ» варьировало в пределах 0,19-0,47 %. На мониторинговых площадках 1, 2 и 3 выявлено повышение концентрации общего азота в почве на 0,03-0,13 %. На площадках 4 и 5 произошло снижение содержания азота на 0,04 и 0,13 % соответственно. В почвах на опытных полях ФГБОУ ВО «Самарский аграрный университет» отмечено увеличение концентрации общего азота на 0,01-0,20 %.

Общий азот ($N_{общ}$) показывает общее содержание азота в почве, как органического, так и минерального и не дает четкого представления о содержании доступных форм азота растениям. При проведении почвенного

мониторинга одним из показателей оценки обеспеченности почв агроценозов органическим углеродом и азотом, доступным для минерализации является соотношение $C : N$. Чем меньше отношение $C : N$, тем богаче гумус азотом и тем выше его питательная ценность.

На мониторинговых площадках ООО «Орловка-АИЦ» полученные результаты соотношения $C : N$ колебались в пределах 19-32 (рис. 1), что указывает на обогащение гумуса азотом и повышает его питательную ценность.

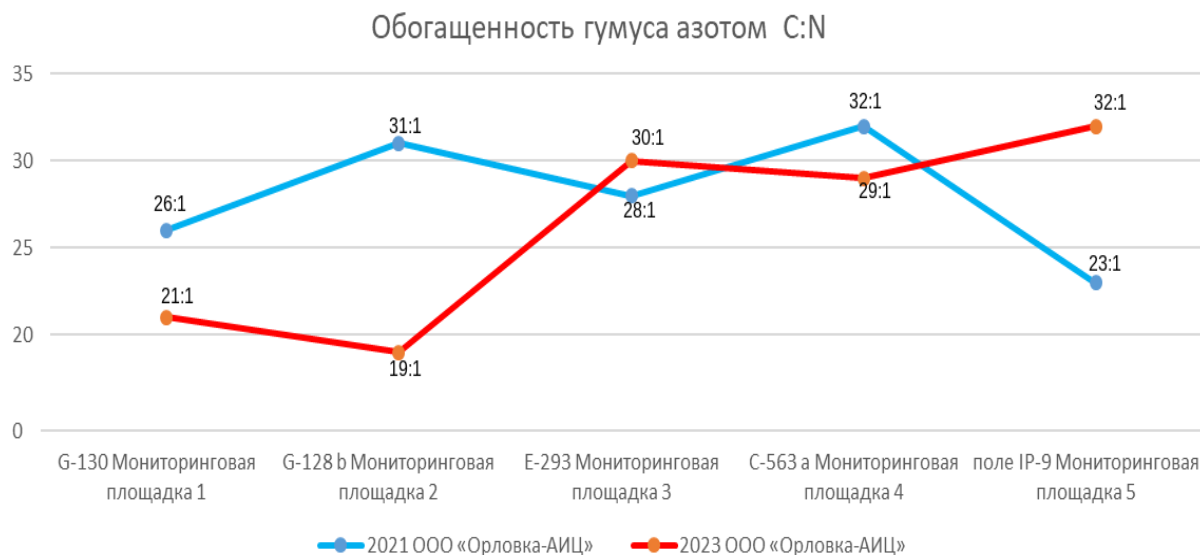


Рис. 1. Обогащенность гумуса азотом почв мониторинговых площадок ООО «Орловка АИЦ»

На мониторинговых площадках ФГБОУ ВО «Самарский аграрный университет» полученные результаты соотношения $C : N$ колеблются в 2021 г. в пределах 42-53 (рис. 2), что свидетельствует о достаточном количестве в почве углерода и низком содержании азота. Однако по результату 2023 года произошло изменение в сторону обогащения гумуса азотом с колебанием $C : N$ от 14 до 33, что указывает на повышение питательной ценности гумуса.

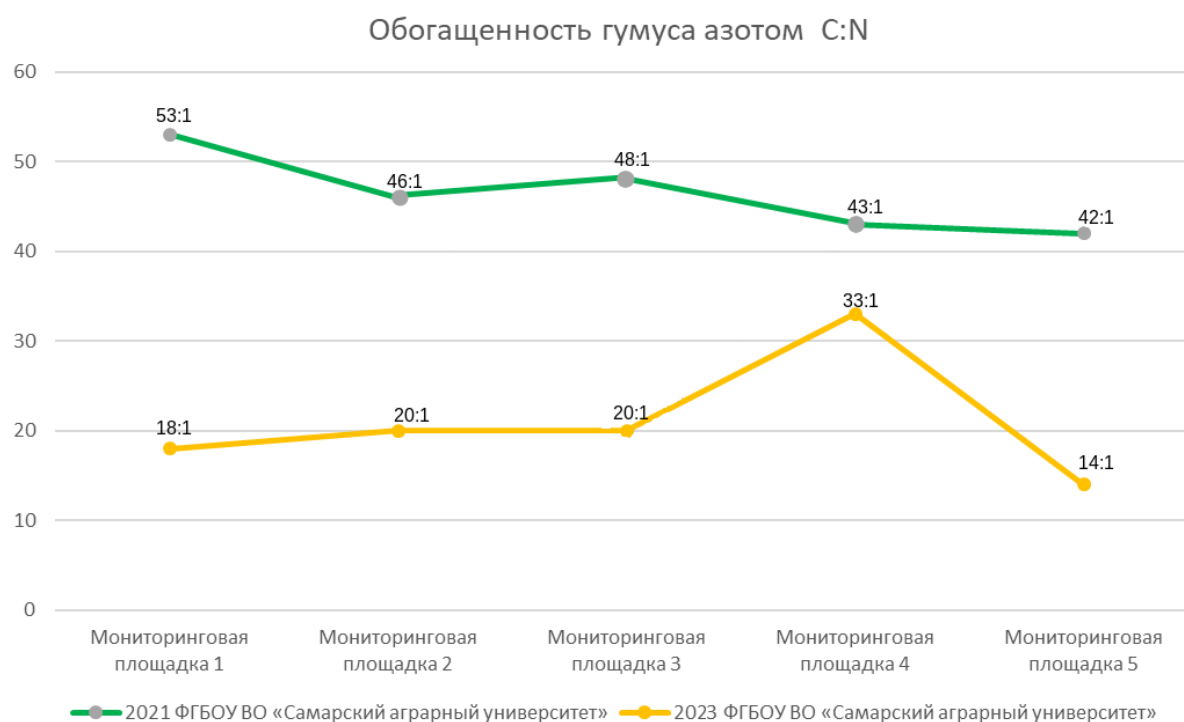


Рис. 2. Обогащенность гумуса азотом почв мониторинговых площадок ФГБОУ ВО «Самарский аграрный университет»

Заключение. Исследования черноземных почв, проведенные на мониторинговых площадках в Похвистневском районе ООО «Орловка АИЦ» и Кинельском районе ФГБОУ ВО «Самарский аграрный университет» при применении различных технологий обработки почв, позволяют сделать следующие основные выводы. Обеспеченность почв нитратным и аммиачным азотом остается неизменной и классифицируется в основном низкой и очень низкой обеспеченностью, почвы относятся к градации очень низкой обеспеченности, содержание аммонийного азота оценивается как очень низкое и низкое, а в 2023 году низкое, за исключением чернозема обыкновенного остаточно-лугового среднегумусного среднесуглинистого, в котором произошло снижение содержания аммонийной формы азота в 2,1 раза. При ресурсосберегающих технологиях обработки почв содержание нитратного азота оценивается как очень низкое, а аммонийного азота низкое и очень низкое.

Полученные результаты соотношения C:N в почвах при ресурсосберегающих технологиях находятся в пределах от 19-32, что указывает на обогащение гумуса азотом. Значения соотношения C:N в почвах при традиционной обработке почвы в 2021 г составили от 42-53, что указывает на преимущественное накопление углерода в сравнении с азотом, а в 2023 году произошло изменение в сторону обогащения гумуса азотом с колебанием C:N от 14 до 33.

Список источников

1. Сушко, С. В., Балашов, Е. В., Бучкина, Н. П., Моисеев, К. Г., Нечаева, Е. Х., Платонов, В. И., ... & Орлова, Л. В. Оценка эффективности ресурсосберегающих технологий в повышении секвестрации органического углерода сельскохозяйственными почвами в условиях Среднего Поволжья (на примере нулевой обработки почвы) // Современные проблемы почвозащитного земледелия. 2022. С. 130-134.
2. Обущенко С. В. Шевченко С. Н. Пути сохранения и воспроизводство плодородия почв Самарской области. Самара: издательство Самарского федерального исследовательского центра РАН, 2020, 220 с.
3. Иващенко К. В., Сушко С. В., Дворников Ю. А. Запасы почвенного органического углерода при нулевой обработке почвы в условиях среднего Поволжья // Агрохимия. 2023. № 12. С. 47-56.
4. Цыганова, А. А. Процессы гумификации, оценка соотношения углерода и азота в почве // Наука – образованию, производству, экономике : сборник научных трудов. Минск : БНТУ, 2017. С. 361.
5. Орлова Л. В., Троц Н. М., Платонов В. И. Оценка эмиссии парниковых газов и запасов углерода при нулевой обработке чернозема в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья // Агрохимия. 2023. № 7. С. 44-54.
6. Беляев В. И., Варлагин А. В., Дридигер В. К. Мировая климатическая повестка. Почвозащитное ресурсосберегающее (углеродное) земледелие как стандарт межнациональных и национальных стратегий по сохранению почв и аграрных карбоновых рынков // International Agricultural Journal. 2022. Т. 65, № 1.
7. ГОСТ 17.4.3.01-2017 Межгосударственный стандарт Охрана природы ПОЧВЫ. Общие требования к отбору проб М.: Стандартинформ, 2018, 5 с.

References

1. Sushko, S. V., Balashov, E. V., Buchkina, N. P., Moiseev, K. G., Nechaeva, E. Kh., Platonov, V. I., ... & Orlova, L. V. (2022). Evaluation of the effectiveness of resource-saving technologies in increasing organic carbon sequestration by agricultural soils in the Middle Volga region (on the example of zero tillage). *Modern problems of soil conservation agriculture 22' : collection of scientific papers*. (pp. 130-134) Kursk (in Russ).
2. Obushchenko, S. V. & Shevchenko, S. N. (2020). *Ways to preserve and restore soil fertility in the Samara region*. Samara: Publishing House of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (in Russ).
3. Ivaschenko, K. V., Sushko, S. V. & Dvornikov, Yu. A. (2023). Soil organic carbon reserves under zero tillage in the conditions of the middle Volga region. *Agrohimiya (Agrochemistry)*, 12, 47-56 (in Russ).
4. Tsyganova, A. A. (2017). Humification processes, assessment of the ratio of carbon and nitrogen in the soil. *Science – for education, production, economics 17' : collection of scientific papers*. (pp. 361). Minsk (in Russ).
5. Orlova L. V., Trots N. M. & Platonov V. I. (2023). Assessment of greenhouse gas emissions and carbon stocks during no-tillage of chernozem in the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Agrohimiya (Agrochemistry)*, 7, 44-54 (in Russ).
6. Belyaev, V. I., Varlagin, A. V. & Dridiger, V. K. (2022). Global climate agenda. Soil conservation resource-saving (carbon) agriculture as a standard of transnational and national strategies for soil conservation and agricultural carbon markets. *International Agricultural Journal*, 65, 1 (in Russ).
7. ГОСТ 17.4.3.01-2017 Interstate standard Nature protection of SOILS. General requirements for sampling. Moscow: Standartinform. (in Russ).

Информация об авторах:

Н. М. Троц – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник;

Г. И. Чернякова – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник;

А. А. Бокова – аспирант, младший научный сотрудник;

Е. Е. Суворов – аспирант, младший научный сотрудник.

Information about the authors:

N. M. Trots – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher;

G. I. Chernyakova – Candidate of Agricultural Sciences, Researcher;

A. A. Bokova – Postgraduate Student, Junior Researcher;

E. E. Suvorov – Postgraduate Student, Junior Researcher.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Научные результаты, представленные в статье, соответствуют научной специальности 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки).

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests

Статья поступила в редакцию 10.09.2024; одобрена после рецензирования 23.09.2024; принята к публикации 16.10.2024.

The article was submitted 10.09.2024; approved after reviewing 23.09.2024; accepted for publication 16.10.2024.