

Научная статья
УДК 631.86:631.811.1

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ АЗОТНОГО РЕЖИМА ПРИ ДЕФФЕРИНЦИРОВАННОМ ВНЕСЕНИИ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Роман Михайлович Стрельцов, Николай Васильевич Абрамов

ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», Тюмень, Россия

Аннотация. В статье представлен анализ формирования азотного режима почвы при дифференцированном внесении органических удобрений в течение трех лет, (2022-2024г.), выполненный на основе полевых исследований. Эксперимент проводился в Ялуторовском районе Тюменской области, с учётом пространственной вариабельности содержания нитратного азота в почве на разных этапах вегетации яровой пшеницы. Анализ проводился по почвенным слоям в интервале от нуля до тридцати сантиметров, по десять сантиметров. В результате исследований применялся способ дифференцированного внесения с использованием систем спутниковой навигации. Дифференцированное внесение нитратного азота с использованием систем спутниковой навигации позволило увеличить продуктивность яровой пшеницы, получить самое дешёвое зерно и повысить рентабельность его производства.

Ключевые слова: азотный режим, дифференцированное внесение удобрений, органические удобрения, нитратный азот ($N-NO_3$), пространственная изменчивость, урожайность яровой пшеницы, спутниковая навигация.

Для цитирования: Стрельцов Р.М., Абрамов Н.В. Анализ формирования азотного режима при дефферинцированном внесении органических удобрений // Вестник Брянской ГСХА. 2025. № 4 (110). С. 16-22.

Original article

ANALYSIS OF NITROGEN REGIME FORMATION WHEN DIFFERENTIATED APPLICATION OF ORGANIC FERTILIZERS

Roman M. Strel'tsov, Nikolai V. Abramov

Nothern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen', Russia

Abstract. The article presents an analysis of the formation of the nitrogen regime of the soil with differentiated application of organic fertilizers, based on field researches. The experiment was conducted in the Yalutorovsk district of the Tyumen region, taking into account the spatial variability of the nitrate nitrogen ($N-NO_3$) content in the soil at different stages of the spring wheat vegetation. The analysis was carried out by soil layers. This work may be useful for agricultural specialists seeking to improve the efficiency of resource use and reduce the environmental impact of agricultural technologies.

Keywords: nitrogen regime, differentiated application of fertilizers, organic fertilizers, nitrate nitrogen ($N-NO_3$), spatial variability, spring wheat yields, satellite navigation.

For citation: Streltsov R.M., Abramov N.V. Analysis of nitrogen regime formation when differentiated application of organic fertilizers // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2025. 4 (110): 16-22.

Введение. В современных условиях сельскохозяйственного производства главной задачей агротехнологий становится обеспечение высокой урожайности при минимизации воздействия на окружающую среду. Одним из ключевых факторов, влияющих на рост и развитие сельскохозяйственных культур, является азотный режим почвы, который играет важнейшую роль в формировании питательного баланса растений. Эффективное управление азотным питанием требует не только учёта содержания нитратного азота в почве, но и разработки современных способов внесения удобрений, адаптированных к пространственной неоднородности полей.

Цифровые технологии в системе точного земледелия позволяют вносить минеральные удобрения по микроучасткам с учетом содержания элементов питания в почве и планируемой урожайности сельскохозяйственных культур. Данный способ внесения минеральных удобрений с использованием систем спутниковой навигации, достаточно хорошо отработан, во многих регионах России [3].

Переход на индивидуальные нормы удобрений позволяет решать многие вопросы экономического и экологического характера. Так, в условиях западной Сибири по данным Н. В. Абрамова, С. А. Семизорова, С. В. Шерстобитова дифференцированное внесение аммиачной селитры может экономить объем вносимых туков до 56%, при этом сокращается пространственная вариабельность нитратного азота в сравнении с традиционным способом внесения [2]. Рациональное использование минеральных удобрений приводит к росту урожайности культур, снижение себестоимости зерна и росту

рентабельности его производства. Однако, в технологии дифференцированного внесения минеральных удобрений требуются ежегодное предпосевное определение нитратного азота.

В условиях Западной Сибири, с относительно коротким предпосевным периодом после схода снега, создают напряженность исполнения полевых работ в оптимальные сроки. Для равномерного распределения питательных веществ в почве мы предлагаем более прогрессивный метод - дифференцированное внесение органических удобрений. Такой подход оказывает долгосрочное воздействие на азотный режим почвы, обеспечивая его стабильность не менее трех лет.

В отличие от традиционного внесения минеральных удобрений, которое без применения точного земледелия демонстрирует низкую эффективность и краткосрочный эффект (вымывание из почвы происходит уже в течение первого года), органические удобрения при дифференцированном внесении позволяют достичь устойчивого и длительного воздействия на плодородие почвы. Это подтверждает необходимость комплексного подхода к управлению питательными веществами [8].

Оптимизация системы внесения удобрений достигается за счет использования современных технологий спутникового мониторинга и картографирования почв. Такой метод не только позволяет равномерно распределять питательные вещества в зависимости от потребностей конкретных участков поля, но и способствует снижению избыточного внесения удобрений, уменьшению экологической нагрузки и повышению общей урожайности.

Настоящее исследование направлено на изучение влияния дифференцированного внесения органических удобрений на формирование азотного режима серой лесной почвы. В ходе работы проводится анализ пространственной изменчивости содержания нитратного азота, эффективности распределения удобрений по элементарным участкам поля, а также оценивается влияние различных методов внесения на урожайность яровой пшеницы в период 2022-2024 годов.

Данные вопросы актуальны для внедрения точного земледелия, которое основано на использовании современных технологий анализа и управления агротехническими процессами. Результаты исследований позволяют усовершенствовать методы внесения удобрений и оптимизировать агротехнические подходы для повышения плодородия почвы и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур.

Анализ формирования азотного режима серой лесной почвы при дифференцированном внесении органических удобрений с учетом содержания нитратного азота ($N\text{-NO}_3$) в почве, а также оценка влияния данного подхода на пространственную вариативность содержания азота и урожайность сельскохозяйственных культур. В задачу исследования входило:

- изучить динамику азота в нитратной форме при дифференцированном внесении минеральных удобрений с использованием систем спутниковой навигации;
- проанализировать содержание нитратного азота, оценить пространственную вариабельность в течение трех лет;
- изучить влияние дифференцированного внесения на урожайность яровой пшеницы и экономические показатели ее возделывания.

Объект исследования представлен серой лесной почвой и её азотным режимом при внесении органических удобрений.

Методология исследования основана на использовании трех основных методов, которые позволяют комплексно оценить влияние дифференцированного внесения удобрений на азотный режим серой лесной почвы.

1. Полевой метод. Полевые исследования включали отбор почвенных проб с элементарных участков поля, расположенных на территории опытного участка Кавдык, находящегося в северной лесостепи Тюменской области. Координаты точек отбора фиксировались с помощью геоинформационных технологий (Google Earth, MapInfo), что обеспечивало точность пространственной привязки данных.

Особенности рельефа опытного участка:

- Поверхность поля преимущественно ровная с небольшим уклоном в юго-западном направлении.
- Встречаются блюдцеобразные понижения, влияющие на перераспределение влаги и питательных веществ.
- Почвенный покров различен по уровню плодородия, что обусловлено сочетанием природно-климатических факторов.
- Выделяются структурные единицы почвенного покрова разного масштаба: мега-, макро-, мезо- и микроструктуры, сформированные территориальными единицами почв разного размера.

Площадь исследуемой территории составляет 89,86 га, при этом участки варьировались от 4,27 до 7,1 га, а средний размер элементарного участка составлял 5,62 га с учетной площадью 4 га.

2. Экспериментальная схема исследования. Для оценки влияния различных способов внесения удобрений была разработана схема опыта, включающая четыре экспериментальных варианта:

1. Дифференцированное внесение минеральных удобрений на основе планируемой урожайности.
2. Комплексное внесение органических и минеральных удобрений традиционным способом, ориентированное на планируемую урожайность.

3. Дифференцированное внесение органических удобрений в сочетании с традиционным внесением минеральных удобрений.

4. Дифференцированное внесение органических и минеральных удобрений с использованием систем спутниковой навигации, обеспечивающих точность распределения питательных веществ.

3. Лабораторный анализ. В рамках лабораторных исследований проводилось определение содержания нитратного азота ($N-NO_3$), который играет ключевую роль в питании растений.

Методика анализа включала в себя:

- Ионометрический метод определения нитратного азота согласно ГОСТ 26951-86.
- Отбор проб на глубине 0-30 см с интервалом 10 см.
- Использование метода Грандвали-Ляжу для количественного анализа содержания нитратов.
- Точная фиксация координат точек отбора образцов с помощью GPS-навигатора, что позволяло соотносить полученные данные с геопространственными характеристиками исследуемого участка.

Комплексное сочетание полевых, лабораторных и геоинформационных методов обеспечило высокую точность и достоверность данных, что позволяет объективно оценить влияние различных систем удобрения на азотный режим почвы и урожайность яровой пшеницы.

Результаты исследований. Перед посевом до внесения органических и минеральных удобрений средние значения по опыту колебались от 7,8(мг/кг) до 15,2 (мг/кг) слоя от 0 до 30 см.

Таблица 1 - Содержание нитратного азота (мг/кг почвы) в слое 0-30 см (среднее значение за 2022-2024 г.)

Вариант	Перед посевом	Кущение	Уборка
Без удобрений (контроль)	7,8	39,7	20,1
Дифференцированное внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность	15,2	44,9	14,4
Органические и минеральные удобрения на планируемую урожайность традиционным способом внесения	12,0	55,4	35,9
Дифференцированное внесение органических удобрений и традиционным способом минеральных удобрений	15,5	65,3	19,1
Дифференцированное внесение органических и минеральных удобрений с использованием систем спутниковой навигации	14,0	61,1	20,9
HCP ₀₅	6,2	21,1	13,1

Перед посевом яровой пшеницы содержание нитратного азота в почве при традиционном и дифференцированном внесении минеральных и органических удобрений находилось в диапазоне 12-14 мг/кг, что соответствует среднему уровню обеспеченности культурных растений азотом. В контрольном варианте, где удобрения не вносились, содержание нитратного азота составляло 7,8 мг/кг, что свидетельствует о дефиците азота в почве и потенциальному снижению продуктивности растений.

Агрохимический анализ показал, что в фазу кущения произошло существенное увеличение содержания нитратного азота во всех вариантах опыта. Концентрация возросла до 39,7-65,3 мг/кг, что обусловлено минерализацией органических веществ, активностью свободноживущих азотфикссирующих бактерий и процессами нитрификации. Даже на контрольном участке, где удобрения не вносились, содержание нитратного азота увеличилось на 31,9 мг/кг по сравнению с предыдущим периодом, что подтверждает способность почвенных микроорганизмов к естественной фиксации атмосферного азота.

Согласно исследованиям Абрамова Н.В., «в годы с оптимальным температурным режимом и достаточным увлажнением содержание нитратного азота в почве может возрастать до 60 кг/га в течение вегетационного периода» [4]. В вариантах с внесением минеральных и органических удобрений содержание нитратного азота в фазу кущения увеличивалось более чем на 40 мг/кг по сравнению с предыдущим периодом, что объясняется поступлением азота, как из минеральных соединений, так и в результате разложения органических удобрений.

Максимальные показатели нитратного азота были зафиксированы:

- При дифференцированном внесении органических и минеральных удобрений — 65,3 мг/кг.
- При дифференцированном внесении органических удобрений и традиционном способе внесения минеральных — 61,1 мг/кг.

Высокий уровень обеспеченности растений нитратным азотом связан не только с внесением удобрений, но и с повышенной микробиологической активностью, способствующей трансформации органических соединений. Благоприятные погодные условия (в среднем 215 мм осадков за вегетационный период и сумма активных температур 1700°C) способствовали интенсивному разложению органических веществ и повышению биодоступности азота.

Согласно данным, Завалина А.А., «в аналогичных климатических условиях процесс накопления нитратного азота в пахотном слое почвы достигает максимальных значений к фазе кущения, что подтверждается и результатами данного исследования» [10].

В процессе роста и развития растений содержание нитратного азота постепенно снижалось и к моменту уборки составило 20-40 мг/кг в зависимости от варианта опыта. Это связано с активным потреблением азота культурными растениями, что привело к возвращению почвы к исходным показателям периода перед посевом.

Максимальное содержание нитратного азота в конце вегетационного периода наблюдалось при традиционном внесении минеральных и органических удобрений, что могло привести к локальному перенасыщению почвы азотом на участках с изначально повышенной концентрацией питательных веществ.

На вариантах с изначально средним и высоким содержанием нитратного азота (12,0-15,5 мг/кг перед посевом) колебания концентрации в течение вегетационного периода были значительными — от 48,6% до 96,2%. Это свидетельствует о высокой вариативности почвенного плодородия и необходимости индивидуального подхода к управлению азотным питанием растений для повышения урожайности и минимизации потерь азота.

Таблица 2 - Пространственная вариабельность нитратного азота (%) в слое 0-30 см (среднее значение за 3 года)

Вариант	Перед посевом	Кущение	Уборка
Без удобрений (контроль)	50,4	62,3	37,7
Дифференцированное внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность	96,2	85,7	59,7
Органические и минеральные удобрения на планируемую урожайность традиционным способом внесения	62,4	93,3	86,9
Дифференцированное внесение органических удобрений и традиционным способом минеральных удобрений	75,8	98,0	47,7
Дифференцированное внесение органических и минеральных удобрений с использованием систем спутниковой навигации	48,6	56,8	48,5
HCP ₀₅	38,8	36,4	35,1

В результате дифференцированного внесения удобрений происходило сглаживание пространственных колебаний N-NO₃ в почве. Нормы удобрений рассчитанные для каждого элементарного участка поля помогали поддерживать однородность почвы по агрохимическим показателям в пределах поля.

Традиционный способ внесение удобрений приводил к увеличению пространственной вариабельности нитратного азота с 62,4% до посевной период до 93,3% в фазу кущения и до 86,9% перед уборкой яровой пшеницы. В результате произведенного анализа можно прийти к заключению, что дифференцированное внесение снижает пространственную вариабельность на 27,2% в сравнении с традиционным способом.

Урожайность сельскохозяйственных культур тесно связана с доступностью азота в почве, который является одним из ключевых макроэлементов для роста растений.

Таблица 3 - Урожайность яровой пшеницы 2023 года, %

Вариант	Среднее, т/га	V, %
Без удобрений (контроль)	2	25,3
Дифференцированное внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность	3,5	19,6
Органические и минеральные удобрения на планируемую урожайность традиционным способом внесения	2,7	29,3
Дифференцированное внесение органических удобрений и традиционным способом минеральных удобрений	2,8	21,2
Дифференцированное внесение органических и минеральных удобрений с использованием систем спутниковой навигации	3,9	8,8
HCP ₀₅	1,4	-

Дифференцированное внесение органических и минеральных удобрений обеспечивает более равномерное распределение нитратного азота в почве, снижает пространственную вариативность и улучшает показатели урожайности. Результаты исследования подтверждают необходимость использования современных технологий (спутниковая навигация, почвенные карты) для оптимизации агротехнических мероприятий.

Дифференцированное внесение органических удобрений обеспечивает равномерное распределение азота в почвенном профиле, снижая риск его вымывания в нижние слои и повышая доступность для корневой системы растений. Это способствует повышению урожайности. Согласно проанализированным данным, внедрение технологий точного земледелия привело к росту урожайности более чем на 40%, что свидетельствует о высокой эффективности применения инновационных подходов. Так же «точные данные о состоянии почвы и содержании азота - это основа для принятия решений, которые минимизируют потери азота и обеспечивают равномерное питание растений» [15].

Технологии точного земледелия, в том числе дифференцированное внесение удобрений, оправданы с точки зрения экологической и экономической устойчивости. Они позволяют:

1. Снизить затраты на удобрения: уменьшить избыточное внесение азота в местах с его избыточным содержанием.
2. Сократить экологические риски: снижение загрязнения водоёмов и уменьшение выбросов парниковых газов, что актуально в условиях экологических требований.
3. Обеспечить стабильное качество продукции: точное управление азотным режимом способствует получению высококачественного урожая.

Анализ экономической эффективности дифференцированного внесения удобрений был прошёдён с учётом прироста урожайности и снижения затрат на удобрения. Такой подход позволил оптимизировать использование минеральных удобрений, что не только повысило урожайность яровой пшеницы, но и способствовало снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Внедрение дифференциированного способа внесения минеральных удобрений в режиме off-line позволило минимизировать потери нитратного азота, предотвращая его вымывание за пределы корнеобитаемого слоя. Это, в свою очередь, способствовало более эффективному усвоению питательных веществ растениями, что положительно сказалось на их росте, развитии и, в конечном итоге, на урожайности.

Результаты полевых исследований за 2023-2024 годы показали существенное преимущество дифференцированного внесения удобрений по сравнению с традиционным методом:

- При традиционном внесении удобрений средняя урожайность яровой пшеницы составила 20,7 ц/га.
- При дифференциированном внесении удобрений урожайность достигла 42,9 ц/га, что более чем в 2 раза превышает показатель традиционного метода.

Помимо повышения урожайности, дифференцированное внесение удобрений позволило снизить затраты на минеральное питание благодаря рациональному распределению удобрений в зависимости от агрохимических показателей почвы. Это обеспечило более устойчивое развитие посевов, снизило риск избытка азота в почве и повысило экономическую рентабельность земледелия.

Таким образом, внедрение дифференциированной системы удобрения является перспективным направлением точного земледелия, позволяющим не только повысить урожайность и рентабельность производства, но и обеспечить долгосрочное плодородие почв и экологическую безопасность сельскохозяйственного производства.

Таблица 4 - Экономическая эффективность дифференцированного внесения органических удобрений (среднее за 2023-2024 год)

Вариант	Урожайность, т/га	Затраты на производство, руб./га	Прибыль, руб./га	Себестоимость зерна, руб./т	Рентабельность производства, %
Без удобрений (контроль)	2,7	18580	6260	8976	33,7
Дифференцированное внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность	3,45	25668	15732	7440	67,3
Органические и минеральные удобрения на планируемую урожайность традиционным способом внесения	2,83	26158	7802	9243	29,8

Продолжение таблицы 4

Вариант	Урожайность, т/га	Затраты на производство, руб./га	Прибыль, руб./га	Себестоимость зерна, руб./т	Рентабельность производства, %
Дифференцированное внесение органических удобрений и традиционным способом минеральных удобрений	3,19	27408	19700	8592	71,9
Дифференцированное внесение органических и минеральных удобрений с использованием систем спутниковой навигации	4,29	27408	24072	6389	87,8
HCP ₀₅	1,2	-	-	-	-

Применение дифференцированного подхода к внесению азотных удобрений с учётом пространственной изменчивости содержания нитратного азота в почве позволило сбалансировать уровень плодородия на различных участках поля. Это обеспечило равномерное снабжение растений питательными веществами, что, в свою очередь, привело к значительному увеличению урожайности. По сравнению с традиционным методом прирост урожая яровой пшеницы составил более 1,4 тонны с гектара, что свидетельствует о высокой эффективности технологии.

Кроме того, дифференцированное внесение удобрений позволило существенно снизить себестоимость зерна, сделав его самым дешёвым среди всех изучаемых вариантов - 6 389 руб./т. Высокая экономическая отдача подтверждается уровнем рентабельности в 87,8%, что является наивысшим показателем среди всех методов удобрения.

Помимо экономической выгоды, дифференцированное внесение удобрений способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду. Важно учитывать, что чрезмерное применение азотных удобрений без точного контроля может привести к деградации почвы и загрязнению водных ресурсов из-за вымывания нитратов. Как отмечает Кирюшин В. И., «избыточное использование азотных удобрений приводит к загрязнению водоёмов и деградации почвы, поэтому управление азотным режимом должно быть максимально точным» [11].

Результаты исследования подтверждают ключевую роль точного земледелия в повышении эффективности производства. Использование спутниковой навигации, картографирования и детального анализа содержания нитратного азота позволяет:

- Оптимизировать распределение удобрений в зависимости от агрохимических характеристик почвы;
- Минимизировать затраты, избегая избыточного внесения удобрений;
- Снизить экологическую нагрузку за счёт более рационального использования азота;
- Обеспечить устойчивое повышение урожайности за счёт улучшения азотного режима почвы.

Таким образом, применение дифференцированного подхода к внесению удобрений в сельском хозяйстве является перспективным направлением, позволяющим не только повысить урожайность культур, но и обеспечить устойчивое развитие агротехнологий за счёт минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

В раках работы можно сделать ряд следующих выводов:

Во-первых, дифференцированное внесение удобрений позволяет оптимизировать равномерного распределения нитратного азота в почве, в фазе кущения 61,1-65,3 перед уборкой 19,-20,9 мг/кг.

Во-вторых, дифференцированное внесение удобрений снижает пространственную вариабельность с 75,8% до 47.7 %, в то время как при традиционном методе внесения она возрастает на 24,5%.

В-третьих, использование методов дифференцированного внесения удобрений способствовало увеличению урожайности культур по сравнению с традиционными подходами, разница составила более 1,4 т/га.

В-четвертых, снижение колебаний содержания нитратного азота в почве относительно традиционных методов внесения свидетельствует о рациональном использовании ресурсов, что повышает экономическую отдачу в виде прироста рентабельности на 58 процентов.

Список источников

1. Абрамов Н.В. Агрохимия в системе точного земледелия. Сохранение и развитие агрохимического наследия акад. Д.Н. Прянишникова в Сибири // VII Сибирские агрохимические Прянишниковские чтения. Новосибирск, 2015. С. 147-157.

2. Абрамов Н.В., Семизоров С.А., Шерстобитов С.В. Внесение минеральных удобрений с использованием космических систем // Мир инноваций. 2015. № 2. С. 9-18.
3. Абрамов Н.В., Еремин Д.И. Анализ содержания нитратного азота в почве при традиционном и дифференцированном внесении удобрений // Сохранение плодородия почв в условиях интенсификации сельского хозяйства. Новосибирск, 2009. С. 147-157.
4. Абрамов Н.В., Шерстобитов С.В. Оптимизация азотного режима почвы с использованием дифференцированных методов внесения удобрений [Электронный ресурс] // Земледелие. 2024. № 3. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-zerna-yarovoy-pshehentsy-vysokogo-kachestva-pri-differentsirovannom-vnesenii-azotnyh-udobreniy>. - 06.01.2025 г.
5. Система адаптивного - ландшафтного земледелия в природно-климатических зонах Тюменской области: монография / Н.В. Абрамов, Ю.А. Акимова, Л.Г. Бакшеев и др. Тюмень: Изд-во Тюменский изд. дом, 2019. С. 135-166.
6. Абрамов Н.В., Шерстобитов С.В. Формирование зерна яровой пшеницы высокого качества при дифференцированном внесении азотных удобрений [Электронный ресурс] // Земледелие. 2024. № 3. – Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-zerna-yarovoy-pshehentsy-vysokogo-kachestva-pri-differentsirovannom-vnesenii-azotnyh-udobreniy>. - 06.01.2025 г.
7. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск, 2013. 790 с.
8. Ермохин Ю.И. Дифференцированное внесение удобрений как фактор повышения эффективности земледелия // Точные технологии в сельском хозяйстве. 2018. № 4. С. 15-20.
9. Ермохин Ю.И., Тищенко Н.Н. Влияние методов обработки почвы на содержание нитратного азота и урожайность культур // Современные проблемы агрономии. 2011. № 2. С. 9-18.
10. Завалин А.А. Роль нитратного азота в повышении урожайности сельскохозяйственных культур // Вестник агрохимии. 2020. № 3. С. 25-32.
11. Кирюшин В.И., Иванов А.Л., Козубенко И.С. Цифровое земледелие и его роль в рациональном использовании удобрений // Вестник Российской сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 4-9.
12. Петриков А.В. Использование инновационных технологий различными категориями хозяйств и совершенствование научно-технологической политики в сельском хозяйстве // АПК: экономика, управление. 2018. № 9. С. 4-11.
13. Петриков А.В. Современные методы анализа содержания азота в почве // АПК: экономика, управление. 2018. № 9. С. 4-11.
14. Цифровое земледелие / В.И. Кирюшин, А.Л. Иванов, И.С. Козубенко и др. // Вестник Российской сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 4-9.
15. Шерстобитов С.В., Малешко В.В. Использование данных спутниковой навигации для дифференцированного внесения удобрений // Молодой ученый. 2017. № 5 (139). С. 125-129.
16. Шерстобитов С.В., Малешко В.В. Азотный режим чернозема выщелоченного при дифференцированном внесении удобрений с использованием систем спутниковой навигации // Молодой ученый. 2017. № 5 (139). С. 125-129.

Информация об авторах:

Р.М. Стрельцов - аспирант, ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья.

Н.В. Абрамов - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой почвоведения и агрохимии, ФГБОУ ВО ГАУ Северного Зауралья.

Information about the authors:

R.M. Strel'tsov - Postgraduate student at the North Trans-Urals State Agrarian University.

N.V. Abramov - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Head of the Department of Soil Science and Agrochemistry at the North Trans-Urals State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за plagiat. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 18.03.2025, одобрена после рецензирования 15.05.2025, принята к публикации 25.07.2025.

The article was submitted 18.03.2025, approved after reviewing 15.05.2025, accepted for publication 25.07.2025.

© Стрельцов Р.М., Абрамов Н.В.