

Евгений Петрович Ренев

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра СО РАН, директор, кандидат сельскохозяйственных наук, п. Московский, Тюменский район, Тюменская область, Россия, renev_e@mail.ru

Дмитрий Иванович Еремин

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра СО РАН, научный сотрудник лаборатории обработки почв, доктор сельскохозяйственных наук, п. Московский, Тюменский район, Тюменская область, Россия, soil-tyumen@yandex.ru

**ВНУТРИПОЛЬНАЯ И ВРЕМЕННАЯ ВАРИАбельНОСТЬ НИТРАТНОГО АЗОТА
НА ПОЛЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

В статье представлены результаты изучения внутривольной и временной неоднородности содержания нитратного азота. В ходе обследования установлено, что на поле имеются несколько типов почв: темно-серая лесная, чернозем выщелоченный, лугово-черноземная, луговая осолоделая и солодь. Все почвы принадлежат к тяжелосуглинистой разновидности. Исследования предусматривали определение контура каждой почвы в границах изучаемого поля. Определение нитратного азота проводили с мая по сентябрь в 2018–2020 гг. В ходе проведенных опытов установили варьирование содержания нитратного азота в пахотном слое как в пространстве, так и во времени. Перед посевом зерновых культур среднее содержание нитратов по полю составило 6,3 мг/кг с варьированием от 3,8 (солодь) до 8,2 мг/кг (лугово-черноземная почва). Каждая почва на поле имела свои особенности динамики азота в течение вегетационного периода. Максимальная вариабельность содержания нитратов была отмечена у темно-серой лесной почвы – 11–38 %; минимальный разброс – у луговой осолоделой ($C_v=3-9\%$). При отсутствии внесения минеральных удобрений в ходе исследований пространственная и временная неоднородность были обусловлены формированием различных гидротермических условий пахотного слоя, оказывающих влияние на активность нитрифицирующей микрофлоры. Это является обоснованием необходимости формирования элементарных почвенных участков на основе знания почвенного покрова полей. Установлено, что вариабельность содержания нитратного азота зависит от типа почвы и времени вегетационного периода с долей влияния 21 и 24 % соответственно. Характер ежегодной динамики содержания нитратов в почвах проявляется в минимальной степени (доля влияния фактора «год» – 4 %).

Ключевые слова: почвенная неоднородность, нитратный азот, точное земледелие, оцифровка полей, плодородие пашни, система удобрений, темно-серая лесная почва.

Evgeny P. Renev

Scientific Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – branch of the Tyumen Scientific Center SB RAS, Director, Candidate of Agricultural Sciences, Moskovsky, Tyumensky District, Tyumen Region, Russia, renev_e@mail.ru

Dmitry I. Eremin

Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – branch of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Researcher at the Soil Processing Laboratory, Doctor of Agricultural Sciences, Moskovsky, Tyumensky District, Tyumen Region, Russia, soil-tyumen@yandex.ru

NITRATE NITROGEN' INTRAFIELD AND TEMPORAL VARIABILITY IN THE WESTERN SIBERIA FIELDS

The paper presents the results of studying the intra-field and temporary inhomogeneity of the content of nitrate nitrogen. The survey found that there are several types of soil on the field: dark gray forest soil, leached chernozem, meadow chernozem, meadow solodized and solod. All soils belong to the heavy loamy variety. Research involved determining the contour of each soil within the boundaries of the studied field. Determination of nitrate nitrogen was carried out from May to September in 2018–2020. In the course of the experiments carried out, a variation in the content of nitrate nitrogen in the arable layer was established both in space and in time. Before sowing grain crops, the average content of nitrates in the field was 6.3 mg/kg, varying from 3.8 (malt) to 8.2 mg/kg (meadow-chernozem soil). Each soil in the field had its own characteristics of nitrogen dynamics during the growing season. The maximum variability in the content of nitrates was noted in the dark gray forest soil – 11–38 %; the minimum spread is in the meadow solod ($C_v=3-9\%$). The presence of the application of mineral fertilizers during the study of spatial and temporal heterogeneity was due to the formation of various hydrothermal conditions of the arable layer, which affect the activity of nitrifying microflora. This is the rationale for the need to form elements of soil plots based on the soil cover of fields. It was found that the variability of the content of nitrate nitrogen depends on the type of soil and the time of the growing season with an influence of 21 and 24 %, respectively. The nature of the annual dynamics of nitrates in soils is manifested to a minimum (the influence of the factor "year" – 4 %).

Keywords: soil heterogeneity, nitrate nitrogen, precision farming, digitization of fields, fertility of arable land, fertilizer system, dark gray forest soil.

Введение. В современном сельском хозяйстве, наряду с появлением новых сортов растений и способов их выращивания, активно внедряются цифровые технологии, способные оптимизировать производственные процессы на физико-математической основе [1–4]. Переход на точное земледелие требует определенной степени подготовленности предприятия перед тем, как будут внедрены космические технологии геопозиционирования техники на полях, дифференцированное внесение удобрений и автоматизированная система защиты растений [5, 6]. Первым шагом в точном земледелии является сбор данных, которые станут основой производственного процесса. Поскольку в сельском хозяйстве основным средством производства является земля, то ее необходимо изучить, а затем оцифровать с особой тщательностью [7, 8].

Существующие почвенные карты административных районов для оцифровки полей не подходят по причине низкой точности и отсутствия информации в них о почвенной неоднородности. Это необходимо учитывать при оцифровке полей. Обычно при проведении данной операции довольствуются только установлением границы поля и землепользования хозяйства. Но этой информации недостаточно для разработки системы дифференцированного внесения удобрений и картирования урожайности, по-

скольку в ней неучтена внутривидовая вариативность агрохимических, агрофизических и физико-химических свойств почв [9, 10].

Неоднородность полей часто имеет антропогенные причины. Систематическое внесение органических удобрений на разные участки поля, несоблюдение доз минеральных удобрений, высев разных сортов зерновых культур и многое другое приводят к формированию участков на поле с высоким или низким содержанием питательных веществ и гумуса [11–14]. В настоящее время делаются попытки получить детальную информацию о поле путем разбивки его на элементарные участки площадью от 1 до 20 га [15].

Создаются электронные базы данных по содержанию питательных веществ и кислотно-щелочной характеристике участков и на основе этой информации проводится планирование хозяйственной деятельности предприятия. Однако, как показала практика, данный подход имеет очень высокие материальные и временные затраты при низкой эффективности прогнозирования. Причиной этого является отсутствие информации о временном варьировании агрохимических показателей, которые изменяются в широком диапазоне в течение вегетационного периода. Применение ежегодных отборов почвы по элементарным участкам и определение в них такого показателя, как нитратный азот, су-

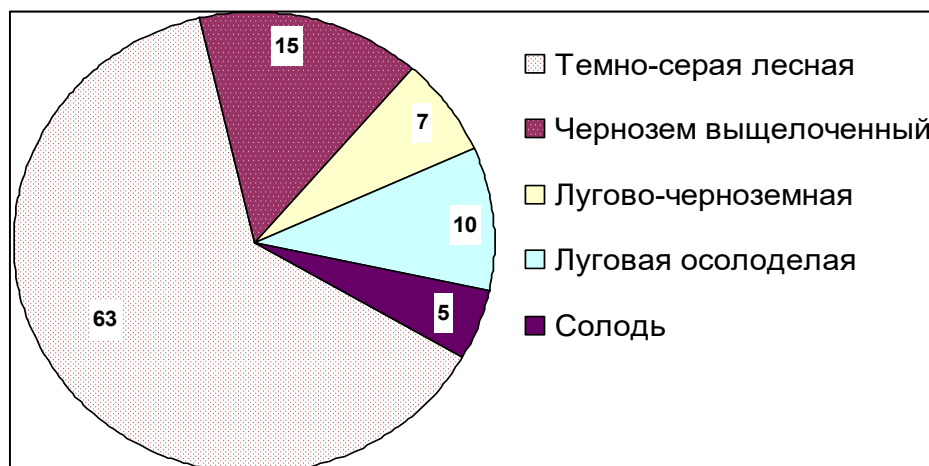
щественно увеличивают затраты и себестоимость получаемой продукции [16]. Выходом из сложившейся ситуации, по нашему мнению, является изучение причин сильной вариабельности показателей плодородия – микропестроты почвенного покрова.

Наличие информации об имеющихся на поле почвах и их границах распространения делает возможным разработку прогнозной модели динамики агрохимических свойств с высокой степенью достоверности при минимальных затратах в будущем. Почвы и их свойства (гранулометрический состав, гумус, емкость катионного обмена, наименьшая влагоемкость) меняются во времени крайне медленно. На это уходят десятилетия, в отличие от содержания нитратного азота, который берется в основу определения планируемой урожайности и расчета доз удобрений. Содержание нитратов в почве зависит от множества факторов, поэтому в производстве приходится ежегодно определять его, что усложняет составление системы обработки на длительное время. В таком случае можно рекомендовать изучение причин высокой ва-

риабельности содержания нитратов на разных участках поля и сопоставить их с более стабильными показателями плодородия в пространстве и времени.

Цель исследований. Изучение внутривольной и временной вариабельности содержания нитратного азота на примере пашни ФГБУП ПЗ «Тополя».

Материалы и методы. Исследования проводили на одном из полей племзавода «Тополя», которое по агрохимической характеристике и продуктивности является типичным для лесостепной зоны Зауралья. При обследовании на поле были выявлены следующие почвы: темно-серая лесная осолодевшая, чернозем выщелоченный, лугово-черноземная, луговая осолодевшая солодь. Все почвы относятся к тяжелосуглинистой разновидности. Нами были установлены почвенные контуры внутри поля и определены точки отбора проб для детального изучения их свойств. Площадь поля составила 120 га. На рисунке представлено соотношение почв изучаемой территории.



Структура почвенного покрова поля ФГБУП ПЗ «Тополя»

На поле используется зернопаровой севооборот с чередованием культур: горохо-овсяная смесь на зеленый корм – яровая пшеница – яровая пшеница – овес. Система основной обработки почвы – отвальная, разноглубинная. Под зерновые культуры – 20–22 см; под однолетние травы – 28–30 см. На всем поле сформирован пахотный слой глубиной 30 см без учета почвенной неоднородности. Рельеф – равнинно-западинный.

В период с 2018 по 2020 г. на поле минеральные и органические удобрения не вносили. Формирование нитратного режима шло за счет растительных остатков, гумуса и почвенной микрофлоры.

Отбор почвенных проб проводили тростевым агрохимическим буром на глубину пахотного слоя. Ежемесячно с мая по сентябрь равномерно по каждому контуру почвы отбирали по 10 усредненных проб. Для составления усредненной пробы делалось по 10 проколов почвы с

последующим объединением в один почвенный образец. Нитратный азот определяли ионометрическим способом (ГОСТ 26951-86). Статистическую обработку результатов вели в MS Excel с надстройкой «AgCStat» [17]. Степень варьирования (Сv, %) определяли по методике В.И. Савича [18].

Результаты исследований и их обсуждение. Агрохимический анализ почв установил варьирование нитратного азота в пахотном слое в пространстве и во времени. Перед посевом зерновых культур (май) на основной площади поля, которое занимает темно-серая лесная почва, содержание нитратов было $6,5 \pm 1,7$ мг/кг, что соответствовало низкой обеспеченности для зерновых культур. На черноземе выщелоченном и лугово-черноземной почве были отмечены максимальные значения – 7,9 и 8,2 мг/кг соответственно. Несмотря на то что луговые почвы стоят в одном ряду с черноземами, содержание нитратов в них весной существенно ниже. Причиной этого является близость к поверхности грунтовых вод, оказывающих неблагоприятное влияние на микробиологическую активность пахотного горизонта. Наши исследования показали, что на участке, где была луговая почва, содержание нитратов в мае составило $5,3 \pm 1,6$ мг/кг.

Минимальные запасы нитратов ($3,8 \pm 0,6$ мг/кг) были на солоди, которая существенно отличалась по химическим и физико-химическим свойствам от вышеуказанных почв. Столь низкое содержание обусловлено рядом факторов: отсутствие гумуса в пахотном слое, промывной тип водного режима, постоянное переувлажнение.

На содержание нитратов в почве в июне и июле влияют биотические и абиотические факторы. С одной стороны, почва постепенно прогревается, что положительно сказывается на нитрифицирующей микрофлоре. Запасы нитратного азота в пахотном слое возрастают. В то же время сельскохозяйственные культуры активно поглощают азот из почвы, снижая его содержание.

Июнь характеризуется достоверным повышением нитратного азота только в солоди. На остальных почвах внутри поля изменения были недостоверными. К июлю произошло понижение содержания нитратов в слое 0–30 см. Максимальное уменьшение было на лугово-черноземной почве, где содержание нитратов составило $4,9 \pm 0,5$ мг/кг. Необходимо отметить, что в луговой почве после прогрева пахотного слоя содержание нитратов возросло с 5,7 до 7,0 мг/кг (табл. 1).

Таблица 1

Динамика нитратного азота под зерновыми культурами в слое 0–30 см (2018–2020 гг.), мг/кг

Почва	Месяц				
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Темно-серая лесная	$6,5 \pm 1,7$	$7,4 \pm 1,6$	$6,1 \pm 1,8$	$4,4 \pm 1,0$	$4,1 \pm 1,2$
Чернозем выщелоченный	$7,9 \pm 2,7$	$7,0 \pm 1,4$	$6,0 \pm 0,9$	$4,5 \pm 0,6$	$4,2 \pm 0,8$
Лугово-черноземная	$8,2 \pm 1,2$	$7,6 \pm 0,9$	$4,9 \pm 0,5$	$4,8 \pm 1,0$	$5,0 \pm 0,8$
Луговая осолодевшая	$5,3 \pm 1,6$	$5,7 \pm 1,0$	$7,0 \pm 2,3$	$5,6 \pm 0,8$	$3,8 \pm 0,8$
Солодь	$3,8 \pm 0,6$	$4,7 \pm 1,2$	$2,9 \pm 0,6$	$3,9 \pm 1,1$	$2,9 \pm 0,8$
НСР ₀₅	0,4	0,6	0,6	0,5	0,4

В августе зерновые культуры, которые высевали на изучаемом поле, в меньшей степени поглощали питательные вещества из почвы. Однако и микробиологическая активность в конце лета снизилась, что обусловлено неблагоприятными условиями увлажнения в этот период и дефицитом растительных остатков в почве [19, 20]. Все почвы, представленные на поле, кроме луговой, характеризовались минимальным содержанием азота – 3,9–4,8 мг/кг. В слое 0–30 см луговой почвы запасы нитратов составили $5,6 \pm 0,8$ мг/кг. Данная почва изначально характеризуется бла-

гоприятным водным режимом во второй половине лета и прогревом пахотного слоя до оптимальных температур для микробиоты.

В сентябре, после уборки зерновых культур, процессы трансформации и миграции азота в почве не останавливаются. Их движение преимущественно направлено в глубь почвы с нисходящими токами воды. В этот месяц содержание нитратного азота варьировало от 2,9 (солодь) до 5,0 мг/кг (лугово-черноземная). Таким образом, на основе мониторинга почв, встречающихся в пределах одного поля, выявлено

варьирование нитратного азота в пахотном слое на протяжении вегетационного периода (май-сентябрь).

Для выявления степени проявления внутрипольной вариабельности содержания нитратов были рассчитаны коэффициенты вариации, представленные в таблице 2. Максимальным варьированием характеризовалась темно-серая лесная почва. Коэффициент вариации нитратов изменялся в пределах от 11 (июнь) до 38 % (июль), что соответствует среднему уровню варьирования [18]. Чернозем выщелоченный в весенний период имел небольшое варьирование ($C_v=17\%$), что сопоставимо с темно-серой лесной почвой. Но в отличие от нее степень изменения в июле и августе была незначительной – 7 %. Лугово-черноземные и луговые осолоделые

почвы характеризовались минимальной внутрипольной вариабельностью содержания нитратов. Коэффициент варьирования был в диапазоне от 3 до 8 % в весенне-летний период. В сентябре данный показатель незначительно возрос, достигнув 13 % (небольшая степень варьирования).

Вариабельность содержания нитратов в солоди имеет свои особенности. В мае, августе и сентябре она соответствует незначительной изменчивости (2–5 %). В период активного роста зерновых культур (июнь, июль) коэффициент вариации увеличился до 11 и 17 % соответственно. Таким образом, в ходе статистического анализа был установлен уровень варьирования содержания нитратов в границах одного поля по каждому типу почв, наиболее часто встречающихся в пашне Западной Сибири.

Таблица 2

Внутрипольная вариабельность (C_v) содержания нитратов в слое 0–30 см, %

Почва	Месяц				
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Темно-серая лесная	19	11	38	19	16
Чернозем выщелоченный	17	18	7	7	14
Лугово-черноземная	4	7	3	8	13
Луговая осолоделая	6	3	6	4	9
Солодь	4	17	11	5	2

Широкий диапазон вариабельности содержания нитратов в предпосевной и послеуборочный периоды является теоретическим обоснованием необходимости разработки дифференцированного применения удобрений индивидуально для каждого поля [21]. За годы исследований на поле не вносили минеральные удоб-

рения, а коэффициент вариации в период вегетации растений изменялся по полю от 3 до 38 %. Это доказывает, что система дифференцированного внесения удобрений по элементарным участкам, в основе которой лежит определение исходного содержания нитратов весной или осенью, будет неэффективна.

Таблица 3

Результаты трехфакторного дисперсионного анализа внутрипольной неоднородности содержания нитратного азота в слое 0–30 см пашни

Источник вариации	Сумма квадратов	Степень свободы	Дисперсия	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{теор.}}$	Показатель силы влияния %
Почва (фактор А)	596,5	4	149,1	173,7	2,4	21
Годы (фактор В)	119,9	2	60,0	69,8	3,0	4
Месяцы (фактор С)	693,3	4	173,3	201,9	2,4	24
Взаимодействие АВ	40,0	8	5,0	5,8	2,0	1
АС	418,0	16	26,1	30,4	1,7	15
ВС	150,0	8	18,7	21,8	2,0	5
АВС	254,3	32	7,9	9,3	1,4	9

Проведя дисперсионный анализ, мы установили роль отдельных факторов, влияющих на степень варьирования содержания нитратного азота. Расчеты показали, что внутривидовое варьирование существенно зависит от типа почв – показатель силы влияния (ПСВ) составил 21 %. Годы оказывают влияние в минимальной степени – 4 %, тогда как варибельность содержания нитратов в почве существенно зависит от месяца – ПСВ составил 24 %.

Заключение. На основании лабораторно-полевых опытов и статистической обработки данных были сделаны следующие выводы.

1. Поля лесостепной зоны Западной Сибири характеризуются почвенной микропестротой. Нитратный режим почв в границах одного поля зависит от многих факторов, которые не учитываются при разработке системы удобрений. Коэффициент вариации содержания нитратного азота изменяется в пределах от 2 до 38 % в зависимости от типа почв, что делает малоэффективной систему дифференцированного внесения удобрений, в основе которой лежит определение исходного содержания нитратов по элементарным участкам в предпосевной или послеуборочный период.

2. Расчет показателя силы влияния отдельных факторов показывает, что варибельность и динамика нитратного азота в пахотном слое на 21 % зависят от типа почвы; на 24 % – от погодных условий вегетационного периода и лишь на 4 % – от климатических особенностей года.

3. Исходя из полученных данных, предлагается заложить в основу расчета доз для дифференцированного внесения удобрений более стабильные показатели, чем нитратный азот, например содержание легкогидролизуемого азота или гумуса.

4. Для устранения внутривидовой неоднородности в течение вегетации (июнь-август) предлагается предусмотреть систему внекорневых подкормок.

Список источников

1. *Тоболова Г.В., Любимова А.В.* Использование биохимических методов в селекции и семеноводстве // Современные научно-практические решения в АПК: сб. ст. всерос. науч.-практ. конф. (Тюмень, 08 декабря 2017 г.). Тюмень: Гос. аграр. ун-т Северного Зауралья, 2017. С. 760–764.
2. *Демин Е.А., Барабанщикова Л.Н.* Вынос элементов питания кукурузой, выращиваемой на зеленую массу по зерновой технологии в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 2(61). С. 90–94.
3. *Першаков А.Ю., Белкина Р.И., Сулейменова А.К.* Отзывчивость сортов льна масличного на возрастающие нормы минеральных удобрений // Вестник КрасГАУ. 2021. № 6(171). С. 11–17. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-6-11-17.
4. *Кураченко Н.Л.* Минимизация основной обработки как фактор пространственной неоднородности физических свойств черноземов // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы конф. (Красноярск, 19–21 апреля 2016 г.) / отв. за вып. А.А. Кондрашев, В.Б. Новикова; Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2016. С. 165–168.
5. *Еремин Д.И.* Продуктивность зернового с занятым паром севооборота в условиях Северного Зауралья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Тюмень, 2002. 20 с.
6. *Eremina D.* The impact of transport infrastructure on ecological status of arable land in Western Siberia // MATEC Web of Conferences, St. Petersburg, 20–22 декабря 2017 года. St. Petersburg: EDP Sciences, 2018. P. 05004. DOI: 10.1051/mateconf/201817005004.
7. *Sherstobitov S.* The results of the differential mineral fertilization in the automatic mode according to the task map // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019", Krasnoyarsk, 04–06 апреля 2019 г. / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. P. 62011. DOI: 10.1088/1757-899X/537/6/062011.
8. *Abramov N.V., Semizorov S.A., Sherstobitov S.V. et al.* Digitization of agricultural land using an unmanned aerial vehicle // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science:

- III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies, Volgograd, Krasnoyarsk, 18–20 June 2020 g. / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 32002. DOI: 10.1088/1755-1315/548/3/032002.
9. *Sherstobitov S.* The results of the differential mineral fertilization in the automatic mode according to the task map // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019", Krasnoyarsk, 04–06 April 2019 g. / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. P. 62011. DOI: 10.1088/1757-899X/537/6/062011.
 10. Состояние земельных ресурсов Красноярского края в показателях устойчивого землепользования / *В.В. Чупрова, Н.Л. Кураченко, А.А. Шпедт* [и др.] // Роль науки в развитии сельского хозяйства Приенисейской Сибири: мат-лы науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию аграрного освоения Енисейской губернии (Красноярск, 10–11 июня 2008 г.) / отв. за вып. *Ю.Н. Трубников*. Красноярск: Гротеск, 2008. С. 52–56.
 11. *Мусеева М.Н., Еремин Д.И.* Сортовая отзывчивость овса на минеральные удобрения в условиях Северного Зауралья // Агропродовольственная политика России. 2020. № 5. С. 12–15.
 12. *Lyubimova A.V., Tobolova G.V., Eremin D.I., Loskutov I.G.* Dynamics of the genetic diversity of oat varieties in the Tyumen region at avenin-coding loci // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020. Vol. 24. No 2. P. 123–130. DOI: 10.18699/VJ20.607.
 13. *Демин Е.А., Барабанщикова Л.Н.* Влияние междурядной обработки кукурузы на динамику нитратного азота чернозема выщелоченного в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2020. № 12(165). С. 32–39. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-32-39.
 14. *Миллер Е.И., Рзаева В.В., Миллер С.С.* Применение органических удобрений на фоне основной обработки почвы при возделывании кукурузы на силос в Западной Сибири // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 60–63.
 15. *Кураченко Н.Л.* Пространственно-временная динамика агрохимических показателей чернозема в условиях минимальной обработки // Проблемы современной аграрной науки: мат-лы междунар. науч. конф. (Красноярск, 15 октября 2018 г.) / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2018. С. 42–45.
 16. *Шерстобитов С.В., Абрамов Н.В.* Влияние почвенной неоднородности и внесения усредненной нормы азотных удобрений на урожайность яровой пшеницы // Вестник КрасГАУ. 2020. № 5(158). С. 93–99. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-93-99.
 17. *Гончар-Зайкин П.П., Чертов В.Г.* Надстройка к EXCEL для статистической оценки и анализа результатов полевых и лабораторных опытов // Рациональное природопользование и сельскохозяйственное производство в южных регионах Российской Федерации. М.: Современные тетради, 2003. С. 559–565.
 18. *Савич В.И.* Варьирование свойств почв во времени и пространстве // Докл. Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 1971. № 162. С. 111–115.
 19. *Шахова О.А., Еремин Д.И.* Особенности минерального питания яровой пшеницы в условиях внедрения ресурсосберегающих технологий в лесостепной зоне Северного Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2007. № 1. С. 149–152.
 20. *Еремин Д.И., Демина О.Н.* Влияние минеральных удобрений на содержание легкогидролизуемого азота и нитрификационную способность пахотного чернозема в лесостепи Зауралья // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2 (167). С. 26–32. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-26-32.
 21. *Еремина Д.В.* Агроэкономическая оценка применяемых в Тюменской области минеральных удобрений // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4(72). С. 26–30.

References

1. *Tobolova G.V., Lyubimova A.V.* Ispol'zovanie biohimicheskikh metodov v selekcii i semenovodstve // *Sovremennye nauchno-prakticheskie resheniya v APK: sb. st. vseros. nauch.-prakt. konf. (Tyumen', 08 dekabrya 2017 g.)*. Tyumen': Gos. agrar. un-t Severnogo Zaural'ya, 2017. S. 760–764.
2. *Demin E.A., Barabanschikova L.N.* Vynos `elementov pitaniya kukuruzoj, vyraschivaemoj na zelenuyu massu po zernovoj tehnologii v usloviyah lesostepnoj zony Zaural'ya // *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. № 2(61). S. 90–94.
3. *Pershakov A.Yu., Belkina R.I., Sulejmenova A.K.* Otyzvchivost' sortov l'na maslichnogo na vozrastayuschie normy mineral'nyh udobrenij // *Vestnik KrasGAU*. 2021. № 6(171). S. 11–17. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-6-11-17.
4. *Kurachenko N.L.* Minimizaciya osnovnoj obrabotki kak faktor prostranstvennoj neodnorodnosti fizicheskikh svojstv chernozemov // *Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: mat-ly konf. (Krasnoyarsk, 19–21 aprelya 2016 g.) / otv. za vyp. A.A. Kondrashev, V.B. Novikova; Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2016. S. 165–168.*
5. *Eremin D.I.* Produktivnost' zernovogo s zanyatym parom sevooborota v usloviyah Severnogo Zaural'ya: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. Tyumen', 2002. 20 s.
6. *Eremina D.* The impact of transport infrastructure on ecological status of arable land in Western Siberia // *MATEC Web of Conferences*, St. Petersburg, 20–22 dekabrya 2017 goda. St. Petersburg: EDP Sciences, 2018. P. 05004. DOI: 10.1051/mateconf/201817005004.
7. *Sherstobitov S.* The results of the differential mineral fertilization in the automatic mode according to the task map // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering - 2019"*, Krasnoyarsk, 04–06 aprelya 2019 g. / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. P. 62011. DOI: 10.1088/1757-899X/537/6/062011.
8. *Abramov N.V., Semizorov S.A., Sherstobitov S.V. et al.* Digitization of agricultural land using an unmanned aerial vehicle // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies*, Volgograd, Krasnoyarsk, 18-20 june 2020 g. / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. P. 32002. DOI: 10.1088/1755-1315/548/3/032002.
9. *Sherstobitov S.* The results of the differential mineral fertilization in the automatic mode according to the task map // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering - 2019"*, Krasnoyarsk, 04–06 april 2019 g. / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2019. P. 62011. DOI: 10.1088/1757-899X/537/6/062011.
10. Sostoyanie zemel'nyh resursov Krasnoyarskogo kraja v pokazatelyah ustojchivogo zemlepol'zovaniya / *V.V. Chuprova, N.L. Kurachenko, A.A. Shpedt [i dr.] // Rol' nauki v razvitii sel'skogo hozyajstva Prienisejskoj Sibiri: mat-ly nauch.-prakt. konf., posvyasch. 100-letiyu agrarnogo osvoeniya Enisejskoj gubernii (Krasnoyarsk, 10–11 iyunya 2008 g.) / otv. za vyp. Yu.N. Trubnikov. Krasnoyarsk: Grotesk, 2008. S. 52–56.*
11. *Moiseeva M.N., Eremin D.I.* Sortovaya otyzvchivost' ovsa na mineral'nye udobreniya v usloviyah Severnogo Zaural'ya // *Agroproduktstvennaya politika Rossii*. 2020. № 5. S. 12–15.
12. *Lyubimova A.V., Tobolova G.V., Eremin D.I., Loskutov I.G.* Dynamics of the genetic diversity of oat varieties in the Tyumen region at avenin-coding loci // *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2020. Vol. 24. No 2. P. 123–130. DOI: 10.18699/VJ20.607.
13. *Demin E.A., Barabanschikova L.N.* Vliyanie mezhduryadnoj obrabotki kukuruzy na dinamiku nitratnogo azota chernozema vyschelochennogo v usloviyah lesostepnoj

- zony Zaural'ya // Vestnik KrasGAU. 2020. № 12(165). S. 32–39. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-12-32-39.
14. Miller E.I., Rzaeva V.V., Miller S.S. Primenenie organicheskikh udobrenij na fone osnovnoj obrabotki pochvy pri vozdeleyvanii kukuruzy na silos v Zapadnoj Sibiri // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 1. S. 60–63.
 15. Kurachenko N.L. Prostranstvenno-vremennaya dinamika agrohimicheskikh pokazatelej chernozema v usloviyah minimal'noj obrabotki // Problemy sovremennoj agrarnoj nauki: matly mezhdunar. nauch. konf. (Krasnoyarsk, 15 oktyabrya 2018 g.) / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2018. S. 42–45.
 16. Sherstobitov S.V., Abramov N.V. Vliyanie pochvennoj neodnorodnosti i vnoseniya usrednennoj normy azotnyh udobrenij na urozhajnost' yarovoj pshenicy // Vestnik KrasGAU. 2020. № 5(158). S. 93–99. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-5-93-99.
 17. Gonchar-Zajkin P.P., Chertov V.G. Nadstrojka k EXCEL dlya statisticheskoj ocenki i analiza rezul'tatov polevyh i laboratornyh opytov // Racional'noe prirodopol'zovanie i sel'skohozyajstvennoe proizvodstvo v yuzhnyh regionah Rossijskoj Federacii. M.: Sovremennye tetradi, 2003. S. 559–565.
 18. Savich V.I. Var'irovanie svojstv pochv vo vremeni i prostranstve // Dokl. Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 1971. № 162. S. 111–115.
 19. Shahova O.A., Eremin D.I. Osobennosti mineral'nogo pitaniya yarovoj pshenicy v usloviyah vnedreniya resursosberegayuschih tehnologij v lesostepnoj zone Severnogo Zaural'ya // Vestnik KrasGAU. 2007. № 1. S. 149–152.
 20. Eremin D.I., Demina O.N. Vliyanie mineral'nyh udobrenij na sodержanie legkogidrolizuemogo azota i nitrifikacionnyu sposobnost' pahotnogo chernozema v lesostepi Zaural'ya // Vestnik KrasGAU. 2021. № 2 (167). S. 26–32. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-26-32.
 21. Eremina D.V. Agro`ekonomicheskaya ocenka primenyaemyh v Tyumenskoj oblasti mineral'nyh udobrenij // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 4(72). S. 26–30.

