

Ольга Анатольевна Сорокина<sup>1✉</sup>, Алена Владимировна Бугаева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

<sup>1</sup>geos0412@mail.ru

<sup>2</sup>aljona1992@bk.ru

## ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ НИТРАТНЫМ АЗОТОМ ПО ПОЧВЕННОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Цель исследования – обобщить и оценить обеспеченность нитратным азотом пахотных почв природных округов Красноярского края в зависимости от различных факторов и условий. Обобщили результаты сплошного агрохимического обследования почв на содержание нитратного азота по трем природным округам Красноярского края: Центральная и Западная, Южно-Минусинская и Восточная группы районов, входящие в зону агрохимического обслуживания. Систематизировали многолетние результаты агрохимического обследования на содержание нитратного азота в почвах объектов исследования в зависимости от следующих факторов: погодных условий, предшественника, обработки почвы. Изучено влияние трех способов основной обработки парового поля на содержание минеральных форм азота (отвальная обработка, дискование и культивация). Выполнена группировка почв по обеспеченности почв нитратным азотом в зависимости от перечисленных факторов. Агрохимическое обследование почв хозяйств лесостепной зоны Красноярского края за период 2011–2019 гг. свидетельствует, что доля полей с различной группировкой по обеспеченности нитратным азотом в разные годы была неодинаковой, зависящей от погодных условий года. Засушливые условия вегетационных периодов существенно снижали активность нитратонакопления. Паровые поля слабо работают на накопление нитратов. Только 50 % паров обследованных полей оправдывают свое назначение как оптимальных азотных предшественников. Обеспеченность нитратным азотом по зерновым, пропашным предшественникам, занятому пару, рапсу и даже пласту многолетних трав низкая и очень низкая. Слабая способность к нитратонакоплению отмечена в почвах полей, обработанных безотвально. После культивации 40,7 % обследуемых полей характеризуется низкой обеспеченностью нитратным азотом, после дискования 46,2 % полей имеют очень низкое содержание азота. Отвальная обработка способствует активной нитрификации. В большинстве случаев вспашка существенно превосходит безотвальную обработку. Сформировался следующий убывающий ряд влияния факторов на интенсивность нитратонакопления и обеспеченность почв этой формой азота: погодные условия > предшественники > способы обработки почвы.

**Ключевые слова:** агрохимическое обслуживание, почвенная диагностика, нитратный азот, обеспеченность, природный округ, предшественник, обработка

**Для цитирования:** Сорокина О.А., Бугаева А.В. Оценка обеспеченности почв лесостепной зоны нитратным азотом по почвенной диагностике // Вестник КрасГАУ. 2023. № 11. С. 155–164. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-155-164.

Olga Anatolyevna Sorokina<sup>1✉</sup>, Alena Vladimirovna Bugaeva<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

<sup>1</sup>geos0412@mail.ru

<sup>2</sup>aljona1992@bk.ru

## ASSESSMENT OF NITRATE NITROGEN SUPPLY IN SOILS OF THE FOREST-STEPPE ZONE USING SOIL DIAGNOSTICS

*The purpose of the study is to generalize and evaluate the provision of nitrate nitrogen in arable soils of natural districts of the Krasnoyarsk Region depending on various factors and conditions. We summarized the results of a continuous agrochemical survey of soils for the content of nitrate nitrogen in three natural districts of the Krasnoyarsk Region: Central and Western, South Minusinsk and Eastern groups of districts included in the agrochemical service zone. We systematized the long-term results of an agrochemical survey on the content of nitrate nitrogen in the soils of the study objects depending on the following factors: weather conditions, predecessor, soil tillage. The influence of three methods of basic treatment of a fallow field on the content of mineral forms of nitrogen (dump processing, disking and cultivation) was studied. The soils were grouped according to the supply of soils with nitrate nitrogen, depending on the listed factors. Agrochemical survey of soils on farms in the forest-steppe zone of the Krasnoyarsk Region for the period 2011–2019 indicates that the proportion of fields with different groups according to the supply of nitrate nitrogen in different years was unequal, depending on the weather conditions of the year. Dry conditions during the growing season significantly reduced the activity of nitrate accumulation. Fallow fields do little to accumulate nitrates. Only 50 % of the fallows from the surveyed fields justify their purpose as optimal nitrogen precursors. The supply of nitrate nitrogen for grain crops, row crop predecessors, fallow, rapeseed and even perennial grasses is low and very low. A weak ability for nitrate accumulation was noted in soils of fields cultivated without moldboard. After cultivation, 40.7 % of the surveyed fields are characterized by a low supply of nitrate nitrogen; after disking, 46.2 % of the fields have very low nitrogen content. Dump processing promotes active nitrification. In most cases, plowing is significantly superior to non-moldboard cultivation. The following decreasing series of influences of factors on the intensity of nitrate accumulation and the provision of soils with this form of nitrogen has been formed: weather conditions > predecessors > soil tillage methods.*

**Keywords:** agrochemical maintenance, soil diagnostics, nitrate nitrogen, supply, natural district, predecessor, processing

**For citation:** Sorokina O.A., Bugaeva A.V. Assessment of nitrate nitrogen supply in soils of the forest-steppe zone using soil diagnostics // Bulliten KrasSAU. 2023;(11): 155–164. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-155-164.

**Введение.** Для агросферы Енисейской Сибири характерен ряд глобальных и региональных вызовов и проблем, влияющих на эффективность сельскохозяйственного производства. К ним относятся специфическое географическое и геоморфологическое положение Среднесибирского региона, жесткий биоклиматический потенциал и флуктуации погодных условий, островной (котловинный) характер лесостепной земледельческой части, современное состояние землепользования и плодородия почв, а также особенности агрохимической характеристики почв. В комплексе все эти факторы снижают биологическую активность почв и темпы минерализации органического вещества, что существенно ограничивает интенсивность процессов нитрификации.

Активное внедрение новых технологий обработки почвы в сельскохозяйственное производство, наличие процессов эрозии почв, частые

флуктуации погодных условий вегетационных периодов, влияющие на интенсивность процессов нитрификации, достаточно низкий уровень применения минеральных и органических удобрений обуславливают необходимость и важность систематического изучения и оценки обеспеченности почв нитратным азотом в зависимости от различных факторов. Эта минеральная форма азота является индикатором всех биологических процессов, которые протекают в почве.

Кроме того, в настоящее время привычные представления о нитрификационной способности почв и интенсивности нитратонакопления зачастую не подтверждаются. Особенными противоречиями характеризуются научные мнения в исследованиях о влиянии основной обработки почвы и роли предшественника на накопление доступного для растений азота и, следовательно, урожайность культур [1, 2].

В почвах пахотных и кормовых угодий Красноярского края кроме низкого содержания нитратного азота существует также острый дефицит подвижного фосфора и подвижной серы. Это является причиной недобора белка в продукции растениеводства, так как азот, фосфор и сера непосредственно участвуют в синтезе белковой молекулы.

О том, что в Сибирском регионе азот является важнейшим элементом в питании растений, свидетельствуют многочисленные исследования о его роли в формировании продуктивности сельскохозяйственных культур [3–12].

Минеральные соединения азота высоко мобильны, очень подвижны, что затрудняет прогноз обеспеченности им полевых культур. Обеспеченность растений доступными соединениями почвенного азота в течение теплого периода года постоянно меняется в зависимости от запасов азотсодержащих веществ растительного материала, способных к разложению. Важнейшее значение имеет скорость и направленность процессов минерализации органического вещества, иммобилизации азота, интенсивности процессов денитрификации, а также потребления и выноса этого элемента сельскохозяйственными культурами.

**Цель исследования** – обобщить и оценить обеспеченность нитратным азотом пахотных почв природных округов Красноярского края в зависимости от различных факторов и условий.

**Материалы и методы.** Результаты почвенной диагностики позволяют дать адекватную оценку условий питания растений основными элементами, в т. ч. азотом. Почвенная диагностика обеспечивает контроль условий выращивания растений по данным агрохимического обследования почвы или при проведении опытов. По данным почвенной диагностики рассчитывают основные дозы удобрений для внутрипочвенного внесения, необходимые для формирования величины и качества урожая.

В статье мы обобщили результаты сплошного агрохимического обследования почв на содержание нитратного азота по трем природным округам Красноярского края: Центральная и Западная, Южно-Минусинская и Восточная группы районов, входящие в зону агрохимического обслуживания. Систематизировали многолетние результаты агрохимического обследования на содержание нитратного азота в почвах объектов

исследования в зависимости от следующих факторов: погодных условий, предшественника, обработки почвы. Изучено влияние трех способов основной обработки парового поля на содержание минеральных форм азота (отвальная обработка, дискование и культивация) в полевых производственных опытах, проведенных в ООО «СХП «Дары Малиновки» Сухобузимского района, в ЗАО «Авангард» и ЗАО «Алтатское» Шарыповского района на черноземах выщелоченных. Изучение роли предшественника в накоплении нитратного азота проводилось в Шарыповском, Сухобузимском и Боготольском районах с 2011 по 2019 г. Выполнена группировка почв по обеспеченности почв нитратным азотом в зависимости от перечисленных факторов. Обобщались материалы, полученные на базе агрохимического обследования в ФГБУ ГЦАС «Красноярский», ФГБУ САС «Солянская», ФГБУ САС «Минусинская», и проводилась оценка обеспеченности почв нитратным азотом на основании утвержденных норм.

**Результаты исследований.** Количество нитратного азота в почве непостоянно, а подвержено значительным колебаниям в зависимости от ряда факторов: гидротермического режима, генетических свойств почв, характера растительности и агротехнических приемов. Поэтому для объективной характеристики азотного режима почв необходимо регулярно проводить почвенную диагностику и на ее основе корректировать нормы азотных удобрений.

Обобщение результатов многолетнего агрохимического обследования большого массива полей на содержание нитратов по различным предшественникам в почвах лесостепной зоны Красноярского края свидетельствует о большом разбросе данных по обеспеченности нитратным азотом, что объясняется рядом факторов, особенно погодными условиями лет наблюдений [13].

В таблице 1 представлены очень наглядные результаты зависимости нитратонакопления от погодных условий. Для сравнения взяты оптимальный по увлажнению и температуре 2016 г. и остро засушливый 2017 г. Практически для всех природных округов края характерно угнетение нитрификации и слабое нитратонакопление в неблагоприятном 2017 г. Площадь почв пашни с повышенной и высокой обеспеченностью нитратным азотом по всем округам не превышает 10 % от обследованной.

**Обеспеченность почв природных округов Красноярского края нитратным азотом  
в зависимости от погодных условий**

Обследовано, га	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы				Обследовано, га	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы			
	менее 12		более 12			менее 12		более 12	
	га	%	га	%		га	%	га	%
2016 г.					2017 г.				
Чулымо-Енисейский округ									
16 169,7	1 361,0	8,4	14 808,7	91,6	13 416,6	12 765,6	95,1	651,0	4,9
Назаровский округ									
28171,1	790,3	2,8	27 380,8	97,2	12482	12 482,1	100,0	–	–
Ачинско-Боготольский округ									
3 628,0	2 630,0	72,5	998,0	27,5	1503,0	1 227,0	71,7	275,0	18,3
Красноярский округ									
6168,8	1 855,8	30,1	4 313	69,9	5882,0	4 356	74,1	1 526	25,9
Кеть-Чулымо-Енисейский округ									
28,5	11,4	40,0	17,1	60,0	11,4	11,4	100,0	–	–
Южно-Минусинский округ									
4 668,0	3 716,0	80,0	952,0	20,0	6 099,0	5 451,0	80,0	6 48,0	20,0
Канско-Рыбинский округ									
26 945,0	5 144,0	19,1	21 801,0	80,9	40972,0	37 660,0	91,9	3 312,0	8,1
Итого по Красноярскому краю									
85 779,1	15 508,5	18,1	70 270,6	81,9	80 366,0	73 953,1	92,0	6 412,0	8,0

Во всех природных округах произошло существенное снижение содержания почвенного нитратного азота в 2017 г. по сравнению с 2016 г. Если в достаточно благоприятном по погодным условиям 2016 г. основной массив данных занимали почвы с содержанием нитратного азота более 12 мг/кг, т. е. с обеспеченностью выше средней, то в засушливом 2017 г. их доля была очень незначительной. Особенно бедными нитратным азотом являлись почвы Назаровского, Кеть-Чулымо-Енисейского и Чулымо-Енисейского округов. В целом по краю дефицит почвенного азота в 2017 г. установлен на 92 % обследованной площади.

В эти же отличающиеся по погодным условиям годы сопоставили результаты оценки обеспеченности нитратным азотом по разным предшественникам (табл. 2). Закономерность очень слабого нитратонакопления в зависимости от погодных условий наглядно подтвердилась, указывая на то, что даже по паровому предшест-

веннику в неблагоприятный по погодным условиям год обнаруживается острый дефицит нитратного азота. Чистые пары не оправдали себя как отличные предшественники. Максимальная доля обследованной площади паров содержала нитратного азота менее 12 мг/кг почвы, что соответствует пониженной обеспеченности этим важнейшим элементом питания.

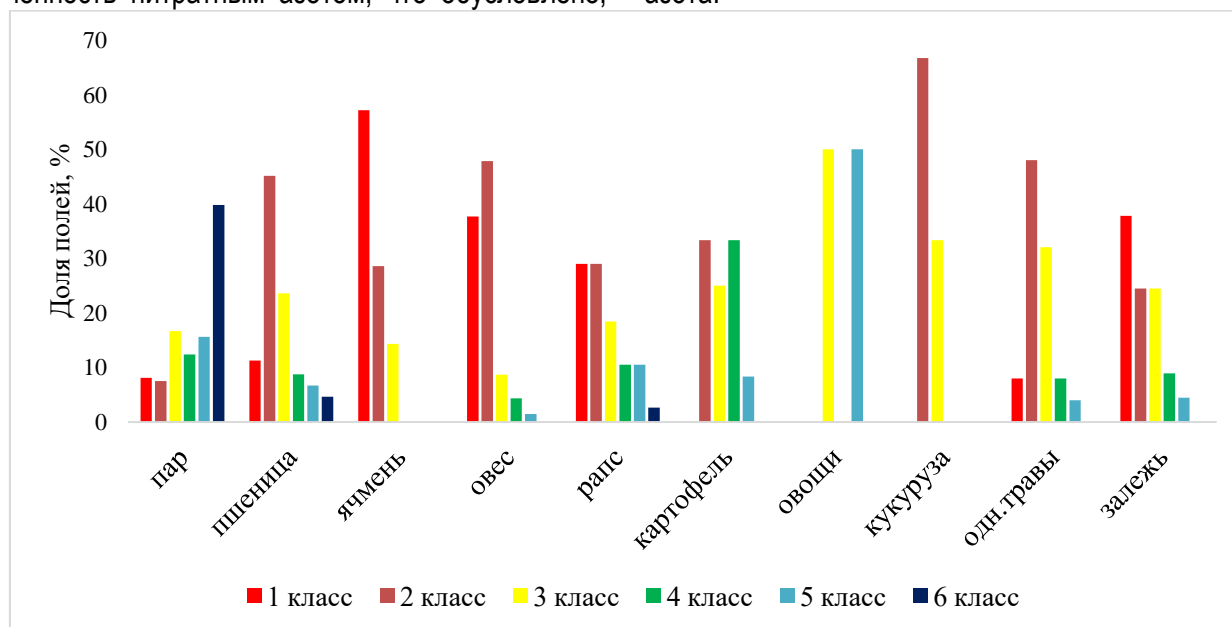
Агрохимическое обследования почв на содержание нитратного азота по различным предшественникам в хозяйствах Шарыповского, Сухобузимского и Боготольского районов за период 2011–2019 гг. показало, что большие площади паров совершенно не работают на накопление нитратов. После периода парования к осени почвы характеризуются очень низкой и низкой обеспеченностью нитратным азотом. Только около 50 % паров обследованных полей оправдывают свое назначение, работая на накопление нитратного азота [14].

**Обеспеченность почв Красноярского края нитратным азотом в зависимости от погодных условий по различным предшественникам**

Предшественник	Год обследования	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы			
		менее 12		более 12	
		га	%	га	%
Зерновые	2016	188 881,4	56,8	143 738,3	43,2
	2017	308 581,8	90,0	34 115,7	10,0
Пар	2016	15 508,5	17,9	71 270,6	82,1
	2017	73 953,1	92,0	6 412,0	8,0

Обеспеченность нитратным азотом по зерновому предшественнику (пшеница, ячмень, овес) за 6 лет исследования низкая и очень низкая (рис.). Не оправдал своего назначения как отличного азотного предшественника пласт многолетних трав. Он показал среднюю обеспеченность нитратным азотом, что обусловлено,

по-видимому, наряду с погодными условиями, нарушением технологии разработки пласта. Основная доля полей после уборки однолетних трав как пара занятого (52,3 %) и пропашного предшественника кукурузы (50,0 %) характеризуется низким содержанием нитратной формы азота.



*Влияние предшественника на обеспеченность нитратным азотом почв хозяйств*

Результаты сплошного агрохимического обследования и группировка полей по предшественникам в многолетнем ряду подтверждают довольно слабую роль парового предшественника в нитратонакоплении. На долю почв паровых полей с высокой обеспеченностью нитратным азотом приходится всего около 30 % обследованной площади (табл. 3).

В целом массив данных по оценке обеспеченности нитратным азотом по различным предшественникам свидетельствует о том, что максимальное количество занимают поля с очень низкой (1-й класс) и низкой обеспеченно-

стью (2-й класс) этим элементом питания. Установлено, что по результатам агрохимического обследования наиболее активно процессы нитрификации протекают в паровых полях в условиях отвальной обработки с последующей культивацией. Этот прием является основным элементом зональной системы обработки тяжелых почв лесостепной зоны Красноярского края. Минимизация обработок с применением дискования и культивации обусловила подавление активности нитрификации и снижение обеспеченности почв нитратным азотом.

**Группировка почв пашни Красноярского края по обеспеченности нитратным азотом  
в зависимости от предшественника**

Предшественник	Год обследования	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы			
		менее 12 мг/кг		более 12 мг/кг	
		га	%	га	%
Зерновые и прочие	2016	188 881,4	56,8	143 738,3	43,2
	2017	308 581,8	90,0	34 115,7	10,0
	2018	268147,2	76,2	83 964,4	23,8
	2019	268 881,0	73,3	97 771,9	26,7
	2020	315 014,6	56,4	210 209,2	43,6
	2021	316 536,7	50,2	313 813,1	49,8
Пар	2016	15 508,5	17,9	71 270,6	82,1
	2017	73 953,1	92,0	6 412,0	8,0
	2018	39 407,3	55,8	31 263,4	44,2
	2019	31 380,5	34,6	59 356,3	65,4
	2020	56 962,3	35,5	102 052,7	64,5
	2021	313 813,1	49,8	316 536,7	44,2

Слабая способность к нитратонакоплению отмечена в почвах полей, обработанных безотвально. После культивации 40,7 % обследуемых полей характеризуется низкой обеспеченностью нитратным азотом, после дискования 46,2 % полей отличаются очень низким его содержанием. Отвальная обработка способствует активной нитрификации. В большинстве случаев она существенно превосходит безотвальную обработку. Так, все обследованные паровые поля, где была проведена вспашка, характери-

зуются высоким и очень высоким содержанием нитратного азота. Установлено также значительное влияние на содержание нитратного азота сроков проведения обработок. Сравнение отвальной обработки почвы с другими способами свидетельствует, что поздние сроки всех видов обработок существенно уступают ранним.

В таблице 4 приведены обобщенные материалы по влиянию способа обработки почвы парового предшественника на содержание нитратного азота.

Таблица 4

**Обеспеченность нитратным азотом почв хозяйств при различной обработке  
парового предшественника**

Площадь	Способ обработки									
	Вспашка, дискование, культивация		Вспашка, культивация				Дискование, вспашка		Дискование	
	Класс обеспеченности N-NO <sub>3</sub>									
	2	3	1	2	3	4	6	3	2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Сухобузимский район										
д. Малиновка										
га				60,0	1014,0					150,0
%				5,6	94,4					100,0
д. Карымская, д. Татарская										
га	110,0	100,0	97,0	133,0	119,0	39,0				
%	52,4	47,6	25,0	34,3	30,7	10,1				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Боготольский район									
г. Боготол									
га					343,0	146,0	129,0	738,0	
%					55,5	23,6	20,9	100,0	
Сумма обследованных полей (всего)									
га	110,0	100,0	97,0	193,0	1476,0	185,0	129,0	738,0	150,0
%	52,4	47,6	4,7	9,3	71,0	8,9	6,2	100,0	100,0
Итого, га	210,0		2080,0				738,0		150,0

Проведение вспашки паровых полей, особенно при совмещении с культивацией, приводит к существенному повышению обеспеченности почв нитратным азотом. Для большинства обследованных хозяйств характерна средняя степень обеспеченности почв нитратным азотом по этому варианту обработки. Установлено наличие небольших площадей с повышенной обеспеченностью нитратным азотом. В ряде

случаев не проявила положительной роли обработка почвы дискатором, приводящая к дополнительному оборачиванию почвы и ее частичному иссушению.

Таким образом, паровой предшественник, обработанный отвально с последующей культивацией, в большинстве случаев показывает себя с положительной стороны как оптимизатор нитрификации.

Таблица 5

**Результаты почвенной диагностики на содержание нитратного азота по зонам агрохимического обслуживания Красноярского края**

Год	Обследовано, га	Содержание N-NO <sub>3</sub>			
		менее 12 мг/кг		более 12 мг/кг	
		га	%	га	%
Центральная и западная, ФГБУ ГЦАС «Красноярский»					
2020	359 073,9	148 864,0	41,5	210 209,8	58,5
2021	368 125,8	114 415,6	42,5	148 584,2	57,5
2022	382 918,4	162 089,2	42,3	220 929,2	57,7
2023	271 461,5	142 802,5	52,7	128 336,0	47,3
Южная, ФГБУ ГСАС «Минусинская»					
2020	129 403,0	113654,0	87,8	15 749,0	12,2
2021	96 585,0	88 469,0	91,6	8 116,0	8,4
2022	114 917,0	82 104,0	71,4	29 147,0	17,5
2023	113 412,0	86 799,0	76,5	26 613,0	23,5
Восточная, ФГБУ ГСАС «Солянская»					
2020	181 967,0	129081,0	70,9	52886,1	29,1
2021	165 639,0	112130,0	67,7	53509,0	32,3
2022	208 117,4	107415,1	51,6	70933,3	34,1
2023	137 561,0	108723,0	79,0	28838,0	21,0
Всего по Красноярскому краю					
2020	670 443,9	391 599,0	58,4	278 844,9	41,6
2021	630 349,8	315 014,6	56,4	210 209,2	43,6
2022	705 952,8	351 608,3	49,8	311 909,5	44,2
2023	522 434,5	338 324,5	64,8	183 787,0	35,2
В среднем за годы обследования	655 845,2	324 086,6	57,4	244 312,7	41,1

В таблице 5 представлены многолетние обобщенные результаты сплошного обследования на нитратный азот по зонам агрохимического обслуживания и в целом по краю. Самый острый дефицит нитратного азота установлен в почвах Южно-Минусинской зоны, где на группу почв с повышенной и высокой обеспеченностью приходится всего 15 % обследованной площади. В Восточной группе районов ситуация несколько лучше.

Однако на почвы с повышенной и высокой обеспеченностью нитратным азотом приходится 29 % от обследованной площади. Более половины площади пашни Центральной и Западной групп районов характеризуется достаточно высокой обеспеченностью нитратным азотом.

**Заключение.** Полученные материалы по оценке обеспеченности почв нитратным азотом в многолетнем ряду заставляют задуматься над причинами и совершенствованием агротехнологических требований и мероприятий по усилению нитрификационной способности потенциально плодородных черноземных почв лесостепной зоны Красноярского края, характеризующихся в целом достаточно высокой культурой земледелия.

Агрохимическое обследование почв хозяйств лесостепной зоны Красноярского края за период 2011–2019 гг. свидетельствует, что доля полей с различной группировкой по обеспеченности нитратным азотом в разные годы была неодинаковой, зависящей от погодных условий года. Засушливые условия вегетационных периодов существенно снижали активность нитратонакопления.

Рациональная структура пашни, подбор и чередование предшественников, выбор способов и сроков основной обработки почв позволяет регулировать почвенные запасы минеральных форм азота. Анализ сплошного агрохимического исследования в хозяйствах Шарыповского, Сухобузимского и Боготольского районов показал, что паровые поля слабо работают на накопление нитратов. Только 50 % паров обследованных полей оправдывают свое назначение как оптимальных азотных предшественников. Обеспеченность нитратным азотом по зерновым, пропашным предшественникам, занятому пару, рапсу и даже пласту многолетних трав низкая и очень низкая более чем на половине обследованных площадей.

Агротехнические приемы являются важными рычагами оптимизации азотного питания полевых культур. Совершенствование способов обработки почвы, структуры посевов, в целом создание благоприятных условий для микробиологических процессов в почве позволяют значительно повысить обеспеченность почв нитратным азотом и ограничивать дозы внесения азотных удобрений. Слабая способность к нитратонакоплению отмечена в почвах полей, обработанных безотвально. После культивации 40,7 % обследуемых полей характеризуется низкой обеспеченностью нитратным азотом, после дискования 46,2 % полей имеют очень низкое содержание азота.

Установлено, что отвальная обработка способствует активной нитрификации. В большинстве случаев вспашка существенно превосходит безотвальную обработку. Так, все обследованные паровые поля, где была проведена отвальная обработка, характеризуются высоким и очень высоким содержанием нитратного азота. При сравнении вспашки с другими способами обработки почвы отмечено также значительное влияние на содержание нитратного азота сроков проведения обработок. Поздние сроки всех видов обработок существенно уступают ранним.

На основании исследования сформировался следующий убывающий ряд влияния факторов на интенсивность нитратонакопления и обеспеченность почв этой формой азота: погодные условия > предшественники > способы обработки почвы.

Полученные материалы помогут в регулировании азотного режима почвенных соединений как за счет агротехнических приемов, так и использования прогнозирования обеспеченности полевых культур нитратным азотом с учетом влияния предшественников при разных погодных условиях вегетационных периодов земледельческой зоны Красноярского края.

#### Список источников

1. Влияние комплексной химизации и минимизации обработки почвы на продуктивность яровой пшеницы / А.Н. Власенко [и др.] // Сибирский Вестник сельскохозяйственной науки. 2013. № 5. С. 5–9.
2. Влияние минимизации обработки чернозема выщелоченного на вынос яровой пшеницей почвенного азота в лесостепи За-



- падной Сибири / И.Н. Шарков [и др.] // Агрохимия. 2019. № 9. С. 67–73.
3. Славнина Т.П. Азот в земледелии Томского Приобья // Земельные ресурсы Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. С. 121–128.
  4. Попова Э.П., Лубите Я.И. Биологическая активность и азотный режим почв Красноярской лесостепи. Красноярск: Кн. изд-во, 1975. 272 с.
  5. Гамзиков Г.П. Руководство по почвенной диагностике азотного питания полевых культур в Восточной Сибири. Красноярск: Гротеск, 2001. 224 с.
  6. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах: монография / Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. отд-ние, Новоси�. гос. аграр. ун-т. Новосибирск, 2013. 786 с.
  7. Кочергин А.Е., Гамзиков Г.П. Эффективность азотных удобрений в черноземной зоне Западной Сибири // Агрохимия. 1972. № 6. С. 3–10.
  8. Назарюк В.М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 257 с.
  9. Бугаков П.С., Чупрова В.В. Агрономическая характеристика почв земледельческой зоны Красноярского края: учеб. пособие. Красноярск: КрасГАУ, 1995. 176 с.
  10. Крупкин П.И., Южаков А.И., Лобанова Т.А. Создание оптимального уровня азота в почве для питания растений // Агрохимия. 1986. № 5. С. 9–12.
  11. Крупкин П.И. Способы повышения плодородия почв: учеб. пособие. Красноярск: КрасГАУ, 2011. 212 с.
  12. Чупрова В.В. Углерод и азот в агроэкосистемах Средней Сибири. Красноярск: КрасГАУ, 1997. 166 с.
  13. Бугаева А.В. Влияние основной обработки парового предшественника на обеспеченность почв азотом и урожайность пшеницы // Вестник Омского ГАУ. 2020. № 1. С. 21–28.
  14. Сорокина О.А., Кайль А.В. Обеспеченность почв лесостепной зоны нитратным азотом в зависимости от некоторых факторов // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Ч. 2. Наука: опыт, проблемы, перспективы развития / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2019. 482 с.

## References

1. Vliyanie kompleksnoj himizacii i minimizacii obrabotki pochvy na produktivnost' yarovoj pshenicy / A.N. Vlasenko [i dr.] // Sibirskij Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2013. № 5. S. 5–9.
2. Vliyanie minimizacii obrabotki chernozema vyschelochennogo na vynos yarovoj pshenicej pochvennogo azota v lesostepi Zapadnoj Sibiri / I.N. Sharkov [i dr.] // Agrohimiya. 2019. № 9. S. 67–73.
3. Slavnina T.P. Azot v zemledelii Tomskogo Priob'ya // Zemel'nye resursy Sibiri. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1974. S. 121–128.
4. Popova `E.P., Lubite Ya.I. Biologicheskaya aktivnost' i azotnyj rezhim pochv Krasnoyarskoj lesostepi. Krasnoyarsk: Kn. izd-vo, 1975. 272 s.
5. Gamzikov G.P. Rukovodstvo po pochvennoj diagnostike azotnogo pitaniya polevykh kul'tur v Vostochnoj Sibiri. Krasnoyarsk: Grotesk, 2001. 224 s.
6. Gamzikov G.P. Agrohimiya azota v agro-cenozah: monografiya / Ros. akad. s.-h. nauk. Sib. otd-nie, Novosib. gos. agrar. un-t. Novosibirsk, 2013. 786 s.
7. Kochergin A.E., Gamzikov G.P. `Effektivnost' azotnyh udobrenij v chernozemnoj zone Zapadnoj Sibiri // Agrohimiya. 1972. № 6. S. 3–10.
8. Nazaryuk V.M. Balans i transformaciya azota v agro`ekosistemah. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2002. 257 s.
9. Bugakov P.S., Chuprova V.V. Agronomicheskaya harakteristika pochv zemledel'cheskoj zony Krasnoyarskogo kraja: ucheb. posobie. Krasnoyarsk: KrasGAU, 1995. 176 s.
10. Krupkin P.I., Yuzhakov A.I., Lobanova T.A. Sozdanie optimal'nogo urovnya azota v pochve dlya pitaniya rastenij // Agrohimiya. 1986. № 5. S. 9–12.
11. Krupkin P.I. Sposoby povysheniya plodorodiya pochv: ucheb. posobie. Krasnoyarsk: KrasGAU, 2011. 212 s.
12. Chuprova V.V. Uglerod i azot v agro`ekosistemah Srednej Sibiri. Krasnoyarsk: KrasGAU, 1997. 166 s.
13. Bugaeva A.V. Vliyanie osnovnoj obrabotki parovogo predshestvennika na obespechenost' pochv azotom i urozhajnost' pshenicy // Vestnik Omskogo GAU. 2020. № 1. S. 21–28.

15. Sorokina O.A., Kajl' A.V. Obespechennost' pochv lesostepnoj zony nitratnym azotom v zavisimosti ot nekotoryh faktorov // Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ch. 2. Nauka: opyt, problemy, perspektivy razvitiya / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2019. 482 s.

Статья принята к публикации 13.09.2023 / The article accepted for publication 13.09.2023.

Информация об авторах:

**Olga Anatolyevna Sorokina**<sup>1</sup>, профессор кафедры почвоведения и агрохимии, доктор биологических наук

**Алена Владимировна Бугаева**<sup>2</sup>, аспирант кафедры почвоведения и агрохимии

Information about the authors:

**Olga Anatolyevna Sorokina**<sup>1</sup>, Professor at the Department of Soil Science and Agrochemistry, Doctor of Biological Sciences

**Alena Vladimirovna Bugaeva**<sup>2</sup>, Postgraduate Student at the Department of Soil Science and Agrochemistry

