

## АЗОТНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЁМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ ПРИ ВНЕСЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЗЕРНОВОМ СЕВООБОРОТЕ

Л. П. Галеева, доктор сельскохозяйственных наук, доцент  
Новосибирский государственный аграрный университет,  
Новосибирск, Россия  
E-mail: liub.galeeva@yandex.ru

**Ключевые слова:** азот, чернозём  
выщелоченный, минеральные  
удобрения, способы внесения,  
зерновые культуры, урожай-  
ность, микробный азот

**Реферат.** Установлено, что в метровой толще чернозёма выщелоченного в чистом пару полевого севооборота «пар чистый – пшеница – пшеница – пшеница» может накапливаться до 70 кг/га нитратного азота, 50–70% запасов которого сосредоточено в слое 0–40 см, а обеспеченность им растений очень высокая. Содержание и запасы азота в слоях почвы 0–40 и 0–100 см во всех вариантах опыта имели высокую прямую связь с запасами продуктивной влаги, коэффициенты корреляции ( $r$ ) составили 0,88–0,99 и 0,84–0,98 соответственно. Минеральные удобрения, вносимые различными способами в виде азофоски в дозе 43 кг д.в./га, не компенсировали вынос азота яровой пшеницей, обеспеченность им растений в конце ротации севооборота оставалась низкой. При этом 50–70% его запасов было сосредоточено в слое почвы 0–40 см. Наибольшее поглощение азота микроорганизмами в пахотном слое почвы происходило в контроле, а минеральные удобрения уменьшали его в 2 раза. Дефицит азота в почве в среднем за 3 года в контроле составил 30 кг/га, а при внесении азофоски в рядки, взброс и локально – 23; 10 и 9 кг/га соответственно. Наибольшие прибавка урожайности пшеницы и окупаемость 1 кг д.в. минеральных удобрений зерном получены при разбросном и рядковом внесении (23 и 26% к контролю и 10 и 11 кг/кг соответственно), наименьшие – при локальном (9% и 4 кг/кг).

## NITROGEN REGIME OF LEACHED CHERNOZEMS OF THE NOVOSIBIRSK OB REGION WHEN APPLYING MINERAL FERTILIZERS IN THE GRAIN CROP ROTATION

L. P. Galeeva, doctor of agricultural Sciences, associate Professor  
Novosibirsk state agrarian University, Novosibirsk, Russia

**Key words:** nitrogen, leached Chernozem, mineral fertilizers, methods of application, cereals, productivity, microbial nitrogen.

**Abstract.** It was found that in a meter-thick layer of chernozem leached in a pure bare fallow field crop rotation: bare fallow-wheat-wheat-wheat steam can accumulate up to 70 kg / ha of nitrate nitrogen, 50–70% of which is concentrated in a layer of 0–40 cm, and the supply of plants very high. The content and reserves of nitrogen in the layers 0–40 and 0–100 cm of soil in all variants of the experiment had a high direct relationship with the reserves of productive moisture, the correlation coefficients ( $r$ ) were 0.88–0.99 and 0.84–0.98, respectively. Mineral fertilizers applied by various methods in the form of fertilizer with nitrogen, phosphorus and potassium (Azofoska) at a dose of 43 kg a. s. / ha did not compensate for the nitrogen removal by spring wheat; their supply of plants at the end of the crop rotation remained very low. At the same time, 50–70% of its reserves were concentrated in the 0–40 cm soil layer. The greatest absorption of nitrogen by microorganisms in the arable soil layer

*occurred in the control, and mineral fertilizers reduced it by 2 times. Nitrogen deficiency in the soil on average for 3 years in the control was 30 kg / ha, and with the introduction of azophoska in rows, scattered and locally – 23; 10 and 9 kg / ha, respectively. The largest increase in wheat yield and payback of 1 kg of a.s. of mineral fertilizers with grain was obtained with spread and row application – 23 and 26% to the control and 10 and 11 kg / kg, respectively, the smallest – with local – 9% and 4 kg / kg.*

Минеральный азот – основной источник азота для питания растений в почве, на который приходится всего 1–3% [1, 2]. Его содержание в почве зависит от азотфиксирующей способности свободноживущих и клубеньковых микроорганизмов, поступления с атмосферными осадками, а также от антропогенной деятельности. Установлено, что окультуренные почвы содержат азота на 5–30% больше, чем почвы под естественной растительностью [3]. С помощью меченных  $^{15}\text{N}$  удобрений установлено, что в полевых условиях в год внесения растения могут использовать только 30–50% азота удобрений, 25–45% его закрепляется в почве в органической форме, а 10–30% теряется в результате денитрификации [2]. При антропогенном воздействии на чернозёмы потери азота обусловлены в основном безвозвратным отчуждением его с урожаем. Этот дефицит можно устранить внесением азотных удобрений в дозах, не превышающих 30–40 кг д.в./га в год [4]. Кроме того, в малых дозах ( $\text{N}_{30}$ ,  $\text{N}_{60}$  и  $\text{N}_{90}$ ) азотные удобрения увеличивают количество доступных для растений форм азота и не оказывают существенного влияния на минерализацию гумуса [5]. Эффективность азотных удобрений значительно повышается при оптимальном содержании в почве подвижных форм фосфора и калия.

Ежегодный рост цен на удобрения, их транспортировку и внесение приводят к уменьшению или даже полному отказу от применения минеральных удобрений в большинстве хозяйств [6]. Поэтому современное земледелие должно обеспечивать наиболее полное использование питательных веществ растениями из удобрений и высокую их окупаемость получаемой продукцией. Многочисленными научно-исследовательскими опытами и практикой передовых хо-

зяйств доказано, что оплата 1 кг внесённого азота удобрений в Сибири может достигать 8–10 кг зерна, или 12–15 кг кормовых единиц. Критические уровни окупаемости минеральных удобрений в условиях современного земледелия составляют: простых удобрений (аммиачная селитра, суперфосфат, хлористый калий и др.) – 4–5 кг товарного зерна на 1 кг д.в., комплексных (нитроаммофос, диаммофоска, азофоска и др.) – 6–8 кг зерна. Окупаемость ниже этих уровней нерентабельна и может приводить к снижению эффективного и потенциального плодородия почв.

В последние 3 года дозы внесения минеральных удобрений в Новосибирской области в среднем составили всего 8–9 кг д.в./га пашни. Для получения стабильно высокой урожайности яровой пшеницы и поддержания плодородия почвы необходимо увеличить применение минеральных удобрений под зерновые культуры до 30–40 кг/га.

Сибирь – зона рискованного земледелия. В её лесостепной зоне только 2 года из 10 благоприятны по увлажнению для возделывания яровой пшеницы, а в остальные наблюдается засуха. При избытке нитратов в почве почвенная засуха может оказывать отрицательное влияние на растения пшеницы [7]. В этой связи минеральные удобрения, особенно азотные, следует вносить в таких дозах и такими способами, чтобы можно было получать эффект при любых погодных условиях, даже в засуху. Один из приёмов повышения отдачи от удобрений – внесение их с семенами при посеве или локализация в более увлажнённые слои почвы [7–9]. Величина «критической влаги» [10] зависит в основном от запасов продуктивной влаги в почве с учётом её гранулометрического состава. В метровом слое чернозёмов выщелоченных среднесуглинистых северной лесостепи запасы такой влаги

составляют 112 мм, а уменьшение их ниже этого предела может приводить к резкому снижению урожайности зерновых культур.

На чернозёмах Сибири основной источник азотного питания растений – нитратный азот, содержание которого в слое 0–40 см положено в основу диагностики потребности сельскохозяйственных культур в азотных удобрениях [2, 5].

В этой связи цель данных исследований – изучить влияние различных способов внесения минеральных удобрений на азотный режим чернозёмов выщелоченных и продуктивность зерновых культур в звене севооборота.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены на учебно-опытном поле НГАУ учхоза «Тулинское» (северная лесостепь Приобья), где в течение трех лет в звене зернового севооборота «пар чистый – пшеница – пшеница – пшеница» изучали действие минеральных удобрений, а на четвертый год – их последствие на азотный режим почвы и продуктивность зерновых культур.

Почва опытного участка – чернозём выщелоченный среднемощный среднесуглинистый иловато-крупнопылеватый, который более 60 лет используется в пашне. Содержание гумуса в пахотном слое почвы – 5,70%, N – 0,266, P – 0,191%, нитратного азота – 13,1 мг/кг, а в слое 0–40 см – 19,3, легкодоступного фосфора – 0,38, подвижного фосфора – 109,8, обменного калия – 153,4 мг/кг; рН – 7,17; сумма обменных оснований – 38,8 мг-экв/100 г почвы, из которых 77,1% составляет кальций.

Варианты опыта: 1. Контроль (без удобрений). 2. Разбросное внесение удобрений (вручную перед весенней культивацией). 3. Рядковое внесение (сеялкой СН-16 при посеве с семенами). 4. Локальное внесение (врезание сеялкой СН-16 на глубину 10–12 см перед посевом). Минеральные удобрения вносили в виде азофоски (16% д.в. – 1: 1: 1) во все поля звена севооборота, кроме чистого пара, в дозе 43 кг д.в./га. Повторность опыта

четырёхкратная, площадь делянки 75 м<sup>2</sup> (5 х 15), расположение делянок – ярусное.

В опыте выращивали яровую пшеницу сорта Новосибирская 29 и овёс сорта Краснообский. Агротехника возделывания зерновых – общепринятая для лесостепной зоны. Борьбу с сорняками проводили опрыскиванием посевов препаратом Гепард-экстра КЭ (100 + 27 г/л) из расчёта 0,6 л/га [9].

Отбор почвенных образцов проведён с двух несмежных повторностей бурением до глубины 100 см через 20 см ежегодно, весной – до посева и осенью – перед уборкой. В почве определяли содержание гумуса по методу Тюрина; рН – потенциметрически; общий азот – по Къельдалю, Иодльбауэру; фосфор – по Гинзбург и др.; полевую влажность – термостатно-весовым методом, а максимальную гигроскопическую влажность – по методу А. В. Николаева; обменные основания и обменный кальций – трилометрически; нитратный азот – по Грандваль-Ляжу; легкодоступный фосфор (степень подвижности I) – по Карпинскому, Замятиной; подвижный фосфор (фосфатная ёмкость Q) и обменный калий – по Чирикову [11]. Содержание микробного азота определяли фумигационным способом [12]. Учёт урожайности зерновых культур выполнен поделяночно прямым комбайнированием.

Статистическая обработка данных проведена корреляционным и дисперсионным анализами с помощью пакета программ «SNEDECOR» [13].

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Запасы продуктивной влаги и их динамика в почве – функция многих факторов, которые при одинаковой обработке почвы в большей степени зависят от погодных условий и предшественников [14]. Весенние запасы продуктивной влаги в пахотном слое чернозёма в чистом пару были удовлетворительными, а в метровом – хорошие (136–143 мм). Содержание нитратного азота в слое 0–20 см перед посевом пшеницы

варьировало в пределах 11–15 мг/кг, а обеспеченность им в слое 0–40 см соответствовала средней (рис. 1). Осенью, за счёт выноса азота пшеницей, обеспеченность им,

независимо от способа внесения удобрений, была очень низкой. Следовательно, азофоска в дозе 43 кг д.в/га не компенсировала вынос азота пшеницей.

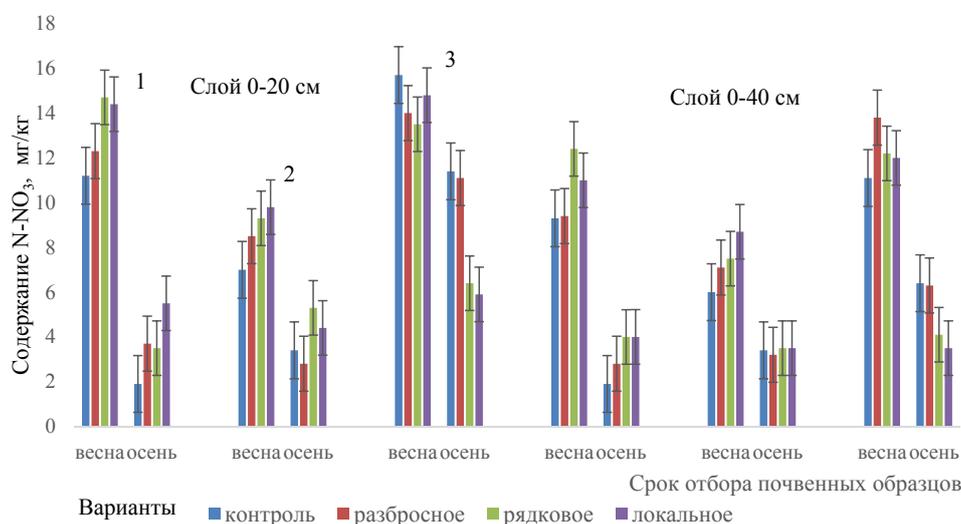


Рис. 1. Динамика нитратного азота в звене севооборота на чернозёме выщелоченном при разных способах внесения удобрений:

1 – пшеница по пару; 2 – пшеница по пшенице; 3 – пшеница по пшенице.

Dynamics of nitrate nitrogen in the link of crop rotation on leached chernozem with different methods of fertilization: 1 - wheat in pairs; 2 - wheat for wheat; 3 - wheat over wheat.

Весной перед посевом пшеницы второй культурой севооборота при удовлетворительных запасах продуктивной влаги в слое 0–20 см и близких к критическим в слое 0–100 см содержание нитратного азота в слое 0–20 см в вариантах с удобрениями превышало контроль. Обеспеченность растений азотом в слое 0–40 см всех вариантов опыта была средней, исключение составил вариант с локальным внесением азофоски, где она была высокой. От весны к осени содержание азота в слое 0–40 см уменьшалось во всех вариантах опыта до очень низкого. Таким образом, и во второй год внесения при возделывании пшеницы по пшенице (вторая пшеница по пару) удобрения не компенсировали вынос азота из почвы.

Запасы продуктивной влаги в слое 0–20 см перед посевом яровой пшеницы третьей культурой были низкими, а в слое 0–100 см – на уровне критических – 111–125 мм и возрастали в ряду: рядковый – локальный – разбросной способ. Обеспеченность растений нитратным азотом в слое 0–40 см почвы при

этом во всех вариантах опыта соответствовала средней, а к уборке пшеницы находилась в интервале от очень низкой до низкой обеспеченности. Следовательно, за третий год применения удобрения опять не компенсировали вынос азота пшеницей.

Известно, что нитраты хорошо растворяются в почвенной влаге и могут передвигаться по профилю почвы сверху вниз, а при уменьшении влажности – подниматься вверх и активно участвовать в питании растений в разные периоды их вегетации и влиять на урожайность [15]. В этой связи важно знать, как изменялись запасы нитратного азота в слоях 0–40 и 0–100 см почвы. В этих слоях парового поля чернозёма они составляли в среднем 46 и 70 кг/га соответственно (табл. 1). Большая часть их была сосредоточена в слое 0–40 см – 52–66% (табл. 2). К уборке пшеницы в обоих слоях почвы они уменьшались примерно в 5 раз в контроле и в 3–3,5 и 2,4–3 раза в вариантах с удобрениями по сравнению с исходными запасами и в 1,5–2 и 1,4–2 раза соответственно по сравнению с контролем. Половина

запасов азота (51–58%) по-прежнему находилась в слое 0–40 см.

Весной перед посевом второй пшеницы (второй год исследований) запасы нитратного азота в слоях 0–40 и 0–100 см почвы в контроле за счёт текущей нитрификации возрастали в 3 раза, а в вариантах с удобрениями – в 2–2,5 и 1,6–2,3 раза соответственно и заметно превышали контроль

только при локальном внесении. Большая часть азота (53–64%) была сосредоточена в слое почвы 0–40 см. К уборке пшеницы запасы азота в метровой толще почвы составили 29–31 кг/га, из которых 43–49% находились в слое 0–40 см (см. табл. 1, 2). Следовательно, внесение азотосодержащих удобрений в течение двух лет в условиях хорошей влагообеспеченности почвы способствовало неболь-

Таблица 1

Динамика запасов нитратного азота в чернозёме выщелоченном при разных способах внесения минеральных удобрений, кгN-NO<sub>3</sub>/га

Dynamics of stocks of nitrate nitrogen in leached chernozem with different methods of applying mineral fertilizers, kgN-NO<sub>3</sub> / ha

Культура севооборота	Весна				Осень			
	Контроль (без удобрений)	Способ внесения удобрений			Контроль (без удобрений)	Способ внесения удобрений		
		разбросной	рядковый	локальный		разбросной	рядковый	локальный
<i>Слой 0–40 см</i>								
Пшеница по пару	38,7	39,7	51,8	45,5	8,2	11,4	16,7	16,7
Пшеница по пшенице	25,0	29,5	31,1	36,3	14,1	13,7	14,6	14,7
Пшеница по пшенице	45,9	57,9	51,0	50,1	26,1	25,5	16,8	14,2
НСР <sub>0,5</sub>	21,2				11,3			
<i>Слой 0–100 см</i>								
Пшеница по пару	74,4	62,0	78,3	71,4	15,7	21,6	32,6	28,6
Пшеница по пшенице	46,7	49,9	51,5	56,7	29,5	31,5	31,5	30,0
Пшеница по пшенице	67,9	98,7	98,4	76,1	32,7	35,1	32,4	21,6
НСР <sub>0,5</sub>	36,6				11,6			

шой миграции азота по профилю почвы глубже 40 см.

Весенние запасы нитратного азота в слоях почвы 0–40 и 0–100 см перед посевом пшеницы третьей культурой по пару в вариантах с удобрениями составляли 50–60

и 76–99 кг/га. Наибольшими и одинаковыми в метровой толще почвы они были при разбросном и рядковом их внесении, 52–66% их находилось в слое 0–40 см. К уборке пшеницы в этом слое их было сосредоточено 79–66%, а наибольший вынос азота пшеницей

Таблица 2

Относительные запасы нитратного азота в слое 0–40 см почвы при внесении минеральных удобрений, % от запасов в слое 0–100 см

Relative reserves of nitrate nitrogen in the 0-40 cm layer of soil when applying mineral fertilizers, % of the reserves in the 0-100 cm layer

Культура севооборота	Весна				Осень			
	Контроль (без удобрений)	Способ внесения удобрений			Контроль (без удобрений)	Способ внесения удобрений		
		разбросной	рядковый	локальный		разбросной	рядковый	локальный
Пшеница по пару	52	65	66	64	52	53	51	58
Пшеница по пшенице	53	59	60	64	48	43	46	49
Пшеница по пшенице	67	59	52	66	79	73	52	66
НСР <sub>0,5</sub>	11,0				23,0			

отмечен при локальном и рядковом внесении удобрений.

Корреляционный анализ показал прямую и высокую связь содержания и запасов нитратного азота в слоях 0–40 и 0–100 см с запасами продуктивной влаги (ЗПВ) в этих слоях как весной, так и осенью во все годы исследо-

ваний, при обоих уровнях достоверности – 1 и 5 % (табл. 3).

Следовательно, при ежегодном внесении азотоски в дозе 43 кг д.в./га в звене севооборота «пар чистый – пшеница – пшеница – пшеница» обеспеченность нитратным азотом оставалась очень низкой при рядковом и ло-

Таблица 3

**Коэффициент корреляции (r) содержания (в слое 0–40 см) и запасов (в слое 0–100 см) нитратного азота с запасами продуктивной влаги (ЗПВ) в почве при внесении минеральных удобрений**  
**Correlation coefficient (r) of the content (in the 0-40 cm layer) and reserves (in the 0-100 cm layer) of nitrate nitrogen with the reserves of productive moisture (WW) in the soil upon application of mineral fertilizers**

Культура севооборота	Весна				Осень			
	Контроль (без удо- брений)	Способ внесения удо- брений			Контроль (без удо- брений)	Способ внесения удобрений		
		раз- брос- ной	рядко- вый	ло- каль- ный		раз- брос- ной	рядко- вый	локаль- ный
<i>Пшеница по пару</i>								
Содержание N-NO <sub>3</sub> (мг/кг) – ЗПВ (мм)	0,95	0,90	0,91	0,88	0,97	0,99	0,94	0,97
Запасы N-NO <sub>3</sub> (кг/га) – ЗПВ (мм)	0,97	0,93	0,93	0,91	0,95	0,98	0,91	0,95
<i>Пшеница по пшенице</i>								
Содержание N-NO <sub>3</sub> (мг/кг) – ЗПВ (мм)	0,98	0,98	0,98	0,97	0,92	0,92	0,96	0,88
Запасы N-NO <sub>3</sub> (кг/га) – ЗПВ (мм)	0,99	0,99	0,99	0,99	0,93	0,93	0,94	0,84
<i>Пшеница по пшенице</i>								
Содержание N-NO <sub>3</sub> (мг/кг) – ЗПВ (мм)	0,93	0,98	0,96	0,97	0,96	0,93	0,90	0,94
Запасы N-NO <sub>3</sub> (кг/га) – ЗПВ (мм)	0,95	0,98	0,95	0,98	0,96	0,94	0,85	0,95
Коэффициент корреляции (r) 5 %	0,81							
Коэффициент корреляции (r) 1 %	0,91							

кальном её внесении и средней – при разбросном. Запасы нитратного азота в слое 0–100 см, несмотря на вынос пшеницей, увеличивались в среднем на 20 кг д.в./га при разбросном и рядковом внесении и не изменялись при локальном. Большая их часть во все годы исследований была сосредоточена в слое почвы 0–40 см.

Минеральные удобрения, способствуя активизации почвенных микроорганизмов, могут вызывать как усиление минерализации органического вещества почвы и снижение его содержания, так и его стабилизацию [15, 16]. В то же время азот почвы и удобрений служит источником питания не только для растений, но и активно поглощается микроорганизмами. С одной стороны, микроорганизмы в течение нескольких суток способны иммобилизовать весь пул минерального азота в почве, с другой – они являются ближайшим резервом в снабжении растений минеральными со-

единениями азота [17]. Однако значительная часть азота удобрений, прежде чем поступить в растения, проходит через циклы микробной иммобилизации-минерализации. Величина поглощения азота удобрениями микробами в течение первой недели может достигать 4/5 от внесенного в почву количества. В вегетационных и полевых опытах скорость поступления минерального азота в растения в 3–6 раз ниже максимально возможной скорости микробной иммобилизации азота [18, 19]. В условиях полевого опыта в почве связывается до 30–40 % азота внесённых азотных удобрений. После отмирания микроорганизмов азот их плазмы частично минерализуется и частично переходит в форму органических соединений, до 10 % азота которых может быть использовано растениями в следующем году.

С одной стороны, согласно данным некоторых ученых [17–19], запасы микробного азота в пахотном слое серой лесной почвы

при увеличении дозы азотного удобрения возрастали от 85–160 до 246–1385 кг/га; в чистом пару чернозёма они составляли 440, а под кукурузой – 300 кг/га. С другой стороны, содержание микробного азота в серой лесной почве и чернозёме оподзоленном при выращивании яровой пшеницы в большей степени зависело от обработки почвы и внесения растительных остатков, чем от применения азотных удобрений в дозах 30–120 кг/га [20]. Наибольшие запасы микробного азота в пахотном слое почв были обнаружены в начале вегетации пшеницы – 180 кг/га, а к её уборке они составляли 50–60 кг/га. В длительных опытах на дерново-подзолистой почве [21] установлено, что характер динамики микроббиомассы практически одинаков в контроле и в вариантах с применением органических и минеральных удобрений. Запасы микробного азота в пахотном слое почвы, рассчитанные с учётом его среднего содержания в микробной биомассе, составили приблизительно 70 кг/га [22].

Следовательно, функционирование микробценоза может вносить существенный вклад в питание растений азотом, особенно в условиях экстенсивного земледелия.

Определение содержания и запасов микробного азота в пахотном слое чернозёма выщелоченного в период уборки яровой пшеницы, возделываемой третьей культурой по чистому пару, показало, что наибольшими они были в контрольном варианте – 112 мг/кг и 222 кг/га соответственно (рис. 2). В вариантах с удобрениями, независимо от способа их внесения, они уменьшались почти в 2 раза и были обусловлены бóльшим поступлением растительных остатков за счёт увеличения урожайности пшеницы (табл. 3). В слое 0–40 см количество и запасы микробного азота в зависимости от способа внесения удобрений возрастали в ряду: рядковый – разбросной – локальный, составив 24; 41; 54 мг/кг и 96; 170; 225 кг/га соответственно.

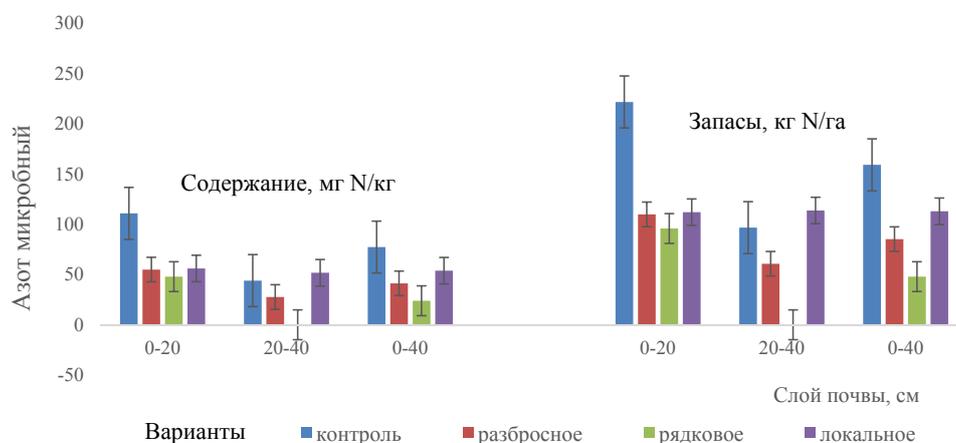


Рис. 2. Влияние минеральных удобрений, внесённых разными способами, на содержание и запасы микробного азота в почве  
The influence of mineral fertilizers applied in different ways on the content and reserves of microbial nitrogen in the soil

Следовательно, наибольшее поглощение азота микроорганизмами в пахотном слое чернозёма выщелоченного происходило в контроле – 222 кг/га. Минеральные удобрения усиливали конкуренцию между растениями пшеницы и микроорганизмами за поглощение азота и приводили к уменьшению его накопления в телах микроорганизмов в среднем в 2 раза. В слое 0–40 см наибольш-

шие запасы микробного азота формировались при локальном внесении удобрений, поэтому этот азот может быть использован растениями в последствии.

Установлено, что доля участия азота в прибавке урожайности от полного удобрения в зависимости от почвенно-климатических зон может составлять от 14 до 70% [23]. Урожайность пшеницы в первый год

применения удобрений в условиях резкого недостатка влаги весной (май) при посеве и летом (июль) при наливе и созревании пшеницы варьировала незначительно – от 19,0 до 21,5 ц/га (табл. 4). Наибольшая прибавка от удобрений получена при рядковом способе их внесения – 12%. Следовательно, в условиях засушливой весны, при удовлетворительных запасах продуктивной влаги в чернозёме, эффективность разбросного и локального способов внесения была одинаково низкой, а рядкового – наибольшей. Во второй год внесения

наибольшая прибавка урожайности пшеницы была получена при разбросном, а на третий год – при рядковом внесении удобрений – 19 и 70% к контролю соответственно. В среднем за 3 года применения удобрений наибольшая эффективность их действия на величину урожайности получена при разбросном и рядковом внесении – прибавка к контролю составила 23 и 26%

Изучение последействия минеральных удобрений при выращивании овса показало их высокую эффективность только при ряд-

Таблица 4

Действие и последействие минеральных удобрений, внесённых разными способами, на урожайность зерновых культур на чернозёме выщелоченном, ц/га

Effect and aftereffect of mineral fertilizers applied in different ways on the yield of grain crops on leached black soil, c/ha

Вариант (А)	Пшеница по пару		Пшеница по пшенице		Пшеница по пшенице		Средняя за 3 года		Овёс по пшенице, последействие	
	урожайность	прибавка к контролю	урожайность	прибавка к контролю	урожайность	прибавка к контролю	урожайность	прибавка к контролю	урожайность	прибавка к контролю
Контроль (без удобрений)	19,2	-	23,5	-	13,4	-	18,7	-	34,6	-
N <sub>43</sub> P <sub>43</sub> K <sub>43</sub> в разброс	20,0	+0,8	28,1	+4,6	21,2	+7,8	23,1	+4,4	36,4	+1,8
N <sub>43</sub> P <sub>43</sub> K <sub>43</sub> в рядки	21,5	+2,3	26,3	+2,8	22,8	+9,4	23,5	+4,8	41,4	+6,8
N <sub>43</sub> P <sub>43</sub> K <sub>43</sub> локально	20,2	+1,0	26,8	+3,3	13,9	+0,5	20,3	+1,6	32,4	-2,2
НСР <sub>05</sub> А – 4,9; НСР <sub>05</sub> В – 4,3									НСР <sub>05</sub> А – 5,2 НСР <sub>05</sub> В – 4,5	

ковом внесении, где урожайность составила 41,4 ц/га, прибавка к контролю – 20%, к разбросному способу внесения – 14%.

В среднем за 3 года применения удобрений баланс азота в почве был отрицательным. Его дефицит в контроле составил 30 кг/га, при рядковом внесении – 23, при разбросном и локальном – наименьший и примерно одинаковый – 10 и 9 кг/га. Окупаемость 1 кг д.в. удобрений зерном сильно варьировала по годам и в среднем за 3 года их применения наибольшей и примерно одинаковой была при рядковом и разбросном внесении – 11 и 10 кг и наименьшей – при локальном – 4 кг/кг.

### ВЫВОДЫ

1. В метровой толще чернозёма выщелоченного при паровании может накапливаться

до 70 кг/га нитратного азота, 50–70% запасов которого сосредоточено в слое 0–40 см, а обеспеченность им растений очень высокая.

2. Содержание и запасы нитратного азота в слоях 0–40 и 0–100 см имели высокую прямую связь с запасами продуктивной влаги в этих слоях почвы как весной, так и осенью во все годы исследований, коэффициенты корреляции (r) составили 0,88–0,99 и 0,84–0,98 соответственно.

3. Ежегодное внесение азофоски в дозе 43 кг д.в/га в течение трех лет не компенсировало вынос азота яровой пшеницей. Обеспеченность им растений оставалась очень низкой, 50–70% запасов нитратного азота находилось в слое 0–40 см.

4. Наибольшее поглощение азота микроорганизмами в пахотном слое происходило в контроле. Минеральные удобрения умень-

шали его в среднем в 2 раза. Больше всего микробного азота в почве накапливались при локальном внесении удобрений.

5. В среднем за 3 года исследований дефицит азота в контроле составил 30 кг/га, при рядковом внесении – 23, при разбросном и локальном – наименьший и примерно одинаковый – 10 и 9 кг/га.

6. Наибольшая эффективность действия минерального удобрения на величину уро-

жайности пшеницы получена при разбросном и рядковом внесении – прибавка к контролю составила 23 и 26 %.

7. Окупаемость 1 кг д.в. удобрений зерном в среднем за 3 года их применения наибольшей и примерно одинаковой была при рядковом и разбросном внесении – 11 и 10 кг и наименьшей – при локальном – 4 кг/кг.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Кудеяров В. Н.* Цикл азота в почве и эффективность удобрений. – М.: Наука, 1989. – 216 с.
2. *Гамзиков Г. П., Кострик Г. И., Емельянова В. Н.* Баланс и превращение азота удобрений. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1985. – 160 с.
3. *Муха В. Д.* Естественно-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности). – М.: КолосС, 2004. – 271 с.
4. *Титлянова А. А.* Продукционно-деструкционные процессы в зерновых агроценозах // Агроценозы степной зоны. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984. – С. 151–164.
5. *Гамзиков Г. П.* Агрохимия азота в агроценозах. – Новосибирск: РАСХН, Сиб. отд-ние, 2013. – 790 с.
6. *Кириллов С. Л., Завальнюк А. В.* Методика определения эффективности использования пашни // Вестник НГАУ. – 2011. – № 2 (18). – С. 123–128.
7. *Формирование* корневой системы и поглощение воды растениями сортов яровой твёрдой пшеницы с различной отзывчивостью на локальное внесение минерального удобрения / В. К. Трапезников, И. И. Иванов, Н. Г. Тальвинская [и др.] // Агрохимия. – 2009. – № 7. – С. 11–19.
8. *Колбин С. А.* Оптимизация азотного питания яровой пшеницы на чернозёме выщелоченном в связи с изменчивостью гидротермических условий в лесостепи Приобья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2019. – 19 с.
9. *Галева Л. П.* Нитратный режим чернозёмов выщелоченных Приобья при разных способах внесения удобрений // Агрохимический вестник. – 2011. – № 5. – С. 43–45.
10. *Способы* внесения минеральных удобрений под яровую пшеницу в Сибири: рекомендации / РАСХН. Сиб. отд-ние; СибНИИЗХим. – Новосибирск, 1991. – 40 с.
11. *Аринушкина Е. В.* Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
12. *Vance E. D., Brookes P. C., Jenkins D. S.* An extraction method to measure soil microbial biomass // Soil Biol. Biochem. – 1987. – Vol. 19. – P. 703–707.
13. *Сорокин О. Д.* Прикладная статистика на компьютере. – 2-е изд. – Новосибирск: ГУП РПО СО РАСХН, 2009. – 222 с.
14. *Эффективность* удобрения азотом яровой пшеницы и ячменя в лесостепи Западной Сибири / А. Н. Власенко, И. Н. Шарков, В. Н. Шоба, С. А. Колбин // Земледелие. – 2015. – № 1. – С. 25–27.
15. *Шарков И. Н.* Минерализация и баланс органического вещества в почвах агроценозов Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1997. – 37 с.
16. *Галева Л. П.* Гумусовое состояние чернозёмов выщелоченных Новосибирского Приобья при применении удобрений // Плодородие почв и оценка продуктивности земледелия: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Тюмень: ГАУ Сев. Зауралья, 2018. – С. 162–168.
17. *Евдокимов И. В.* Азот микробной биомассы в почве, его трансформация и использование растениями: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1992. – 17 с.
18. *Благодатский С. А.* Микробиологическая иммобилизация азота в серой лесной почве в зависимости от агротехнических приёмов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1987. – 25 с.
19. *Благодатский С. А., Богомолова И. Н., Благодатская Е. В.* Микробная биомасса и кинетика роста микроорганизмов в черноземах при различном сельскохозяйственном использовании // Микробиология. – 2008. – Т. 77, № 1. – С. 113–120.

20. Савенков О. А. Основные параметры цикла азота и их моделирование в агроценозах северной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2004. – 18 с.
21. Наумова Н. Б., Барсуков П. А. Влияние длительного применения минеральных удобрений на запас и динамику биомассы микроорганизмов в дерново-подзолистой почве // Сибирский биологический журнал. – 1991. – Вып. 3. – С. 59–67.
22. Назарюк В. М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 257 с.
23. Державин Л. М. Интегрированное применение агрохимических средств в зерновом хозяйстве // Агрохимия. – 2007. – № 12. – С. 3–17.

## REFERENCES

1. Kudeyarov V.N. *Ciklazota v pochveijeffektivnost» udobrenij* (The nitrogen cycle in the soil and the fertilizer efficiency), Moscow: Nauka, 1989, 216 p.
2. Gamzikov G.P., Kostrik G.I., Emelyanova V.N. *Balans I prevrashhenie azota udobrenij* (Fertilizer nitrogen balance and conversion), Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1985, 160 p.
3. Mukha V.D. *Estestvenno-antropogennaja jevoljucija pochv (obshhie zakonomernosti I zonal'nye osobennosti)* (Natural and anthropogenic evolution of soils (general patterns and zonal features)), Moscow: KolosS, 2004, 271 p.
4. Titlyanova A. A. *Agrocenozy stepnoj zony*, Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1984, pp. 151–164. (In Russ.)
5. Gamzikov G. P. *Agrohimija azota v agrocenozah* (Agrochemistry of nitrogen in agrocenoses), Novosibirsk: RASHN, Sib. otd-nie, 2013, 790 p.
6. Kirillov S. L., Zavalnyuk A. V., *Vestnik NGAU*, 2011, No. 2 (18), pp. 123–128. (In Russ.)
7. Trapeznikov A. V., Ivanov I. I., Talvinskaya N. G., Anokhina N. L. *Agrohimija*, 2009, No. 7, pp. 11–19. (In Russ.)
8. Kolbin S.A. *Optimizacija azotnogo pitaniya jarovoj pshenicy na chernozjome vyshhelochennom v svyazi s izmenchivost'ju gidrotermicheskikh uslovij v lesostepi Priob'ja* (Optimization of nitrogen nutrition of spring wheat on leached chernozem in connection with the variability of hydrothermal conditions in the forest-steppe of the Ob region). Extended abstract of candidate's thesis, Novosibirsk, 2019, 19 p.
9. Galeeva L. P. *Agrohimicheskij vestnik*, 2011, No. 5, pp. 43–45. (In Russ.)
10. *Sposoby vnesenija mineral'nyh udobrenij pod jarovuju pshenicu v Sibiri: Rekomendacii* (Methods of applying mineral fertilizers for spring wheat in Siberia: Recommendations), RASHN, Sib. otd-nie, SibNIIZHim, Novosibirsk, 1991, 40 p.
11. Arinushkina E. V. *Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv* (Soil Chemical Analysis Guide), Moscow: Izd-vo MGU, 1970, 487 p.
12. Vance E. D., Brookes P. C., Jenkins D. S. An extraction method to measure soil microbial biomass, *Soil Biol. Biochem*, 1987, Vol. 19, pp. 703–707.
13. Sorokin O. D. *Prikladnaja statistika na komp'jutere* (Applied statistics on a computer), Novosibirsk: GUP RPO SO RASHN, 2009, 222 p.
14. Vlasenko A. N., Sharkov I. N., Shoba V. N., Kolbin S. A., *Zemledelie*, 2015, No. 1, pp. 25–27. (In Russ.)
15. Sharkov I. N. *Mineralizacija I balans organicheskogo veshhestva v pochvah agrocenozov Zapadnoj Sibiri* (Mineralization and balance of organic matter in soils of agrocenoses in Western Siberia). Extended abstract of Doctor's thesis, Novosibirsk, 1997, 37 p.
16. Galeeva L. P. *Plodorodie pochv I ocenka produktivnosti zemledelija* (Soil fertility and assessment of crop productivity), Proceedings of the Conference Title, July 18–20, 2018, Tyumen: GAU Northern Trans-Urals, 2018, pp. 162–168. (In Russ.)
17. Evdokimov I. V. *Azot mikrobnjoi biomassy v pochve, ego transformacija I ispol'zovanie rastenijami* (Microbial biomass nitrogen in soil, its transformation and use by plants). Extended abstract of candidate's thesis, Moscow, 1992, 17 p.
18. Blagodatsky S. A. *Mikrobiologicheskaja immobilizacija azota v seroj lesnoj pochve v zavisimosti ot agrotehnicheskikh priyemov* (Microbiological immobilization of nitrogen in gray forest soil, depending on agricultural practices). Extended abstract of candidate's thesis, Moscow, 1987, 25 p.

19. Blagodatsky S.A., Bogomolova I.N., Blagodatskaya E.V. *Mikrobiologija*, 2008, Т. 77, No. 1, pp. 113–120. (In Russ.)
20. Savenkov O.A. *Osnovnye parametry cikla azota i ih modelirovanie v agrocenozah severnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri* (The main parameters of the nitrogen cycle and their modeling in agrocenoses of the northern forest-steppe of Western Siberia). Extended abstract of candidate's thesis, Novosibirsk, 2004, 18 p.
21. Naumova N.B., Barsukov P.A., *Sibirskiy biologicheskiy zhurnal*, 1991, Вып. 3, pp. 59–67. (In Russ.)
22. Nazaryuk V.M. *Balans i transformacija azota v agrojekosistemah* (Nitrogen balance and transformation in agroecosystems), Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2002, 257 p.
23. Derzhavin L.M., *Agrohimiya*, 2007, No. 12, pp. 3–17. (In Russ.)