

7. Rasmusson, D. C. An evaluation of ideotype breeding / D. C. Rasmusson // Crop Science. – 1987. – V. 27. – № 6. – P. 1140-1146.

8. Quail, K. J. Early generation selection in wheat. I. Yield potential / K. J. Quail, R. A. Fischer, J. T. Wood // Australian journal of agricultural research. – 1989. – V. 40. – Iss. 6. – P. 1117-1133.

9. Sharma, R. C. Selection for biomass yield in wheat / R. C. Sharma // Euphytica. – 1993. – V. 70. – Iss. 1-2. – P. 35-42.

10. Alexander, W. L. Comparison of yield and yield component selection in winter wheat / W. L. Alexander, E. L. Smith, C. A. Dhanasobhan // Euphytica. – 1984. – V. 33. – Iss. 3. – P. 953-961.

11. Kuz'mina, S. P. Selekcionno-geneticheskaya ocenka gibridov yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah YUzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri / S. P. Kuz'mina. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 1 (5). – S. 9-14.



УДК 631.81.036

**О.Н. Дёмина, Д.И. Ерёмин**  
O.N. Demina, D.I. Eremin

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ДИНАМИКУ НИТРАТОВ ПАХОТНОГО ЧЕРНОЗЕМА ПОД ПШЕНИЧНЫМ АГРОФИТОЦЕНОЗОМ

### INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS ON THE DYNAMICS OF NITRATES OF ARABLE CHERNOZEM UNDER WHEAT AGROPHYTOCENOSIS

**Ключевые слова:** азотный режим, нитраты, чернозем выщелоченный, планируемая урожайность, яровая пшеница, минеральные удобрения, лесостепная зона.

Приводятся результаты исследований нитратного режима пахотного чернозема при использовании минеральных удобрений. Установлено, что черноземные почвы лесостепной зоны Зауралья характеризуются очень низкой обеспеченностью нитратным азотом, которого достаточно для формирования урожайности яровой пшеницы не более 2,0 т/га зерна. Для получения урожая 3,0 т/га и выше требуется внесение минеральных удобрений в дозах от  $N_{40}P_{75}$  до  $N_{185}P_{160}$  кг/га, которые увеличивают содержание нитратов в первой половине вегетации до 8-16 мг/кг почвы, что соответствует высокой и очень высокой обеспеченности растений. Максимальное содержание нитратного азота при внесении удобрений отмечается в период кущения в слое 0-20 см. На варианте, где удобрения вносили из

расчета получения 6,0 т/га зерна, содержание в слое 0-20 см было равным  $57,6 \pm 8,9$  мг/кг, в слое 20-40 см –  $35,5 \pm 7,3$  мг/кг почвы. В период от кущения до цветения яровой пшеницы содержание нитратов в почве уменьшалось более чем в 2 раза. К моменту созревания содержание нитратного азота в почве снижается вплоть до первоначального уровня. Рассчитан общий вынос азота яровой пшеницей, который на естественном агрофоне составляет 62 кг/га. Внесение возрастающих доз удобрений увеличивает вынос до 234 кг/га. Установлено, что для формирования 1 т зерна требуется от 31 до 42 кг азота в зависимости от планируемой урожайности. При формировании урожая 3,0 т/га яровой пшеницы на черноземе выщелоченном вклад минеральных удобрений составляет 32%. С увеличением урожайности доля почвенного азота уменьшается до 21%, и основная часть зерна формируется за счет азота удобрений.

**Keywords:** *nitrogen regime, nitrates, leached chernozem, planned yield, spring wheat, mineral fertilizers, foreststeppe zone.*

The results of studies on the nitrate regime of arable chernozem with the use of mineral fertilizers are presented. It is determined that the chernozem soils of the forest-steppe zone of the Trans-Urals are characterized by a very low supply of nitrate nitrogen, which is sufficient to form a yield of spring wheat of no more than 2.0 t/ha of grain. To obtain a yield of 3.0 t/ha and higher, mineral fertilizers are required in doses from  $N_{40}P_{75}$  to  $N_{185}P_{160}$  kg/ha, which increase the nitrate content in the first half of the growing season to 8-16 mg/kg of soil, which corresponds to a high and a very high availability of plants. The maximum content of nitrate nitrogen when applying fertilizers was noted during the tillering period in a layer of 0-20 cm. In the variant

where fertilizers were applied at the rate of obtaining 6.0 t/ha of grain, the content in the 0-20 cm layer was equal to  $57.6 \pm 8.9$  mg/kg; in the 20-40 cm layer -  $35.5 \pm 7.3$  mg/kg of soil. During the period from spring wheat tillering to flowering, the content of nitrates in the soil decreased by half. By the time of maturation, the content of nitrate nitrogen in the soil decreases down to the initial level. The total nitrogen yield removal by spring wheat, which is 62 kg/ha on a natural agricultural background, is calculated. The application of increasing doses of fertilizers increases the yield to 234 kg/ha. It is determined that the formation of 1 ton of grain requires from 31 to 42 kg of nitrogen, depending on the planned yield. When planning a yield of 3.0 t/ha of spring wheat on leached chernozem, the contribution of mineral fertilizers is 32%. With an increase in yield, the share of soil nitrogen decreases to 21% and the main part of the grain is formed by nitrogen fertilizers.

**Дёмина Оксана Николаевна**, аспирант, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Российская Федерация, e-mail: oksa.victorious@mail.ru.

**Ерёмин Дмитрий Иванович**, д.б.н., профессор, Государственный аграрный университет Северного Зауралья, г. Тюмень, Российская Федерация, e-mail: soil-tyumen@yandex.ru.

**Demina Oksana Nikolaevna**, post-graduate student, Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russian Federation, e-mail: oksa.victorious@mail.ru.

**Eremin Dmitriy Ivanovich**, Dr. Bio. Sci., Prof., Northern Trans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russian Federation, e-mail: soil-tyumen@yandex.ru.

### Введение

Черноземы Западной Сибири характеризуются неустойчивым азотным режимом, при относительно высоком содержании общего азота [1, 2]. Это связано с низкой микробиологической активностью, вследствие неблагоприятного температурного режима [3]. До 50-х годов прошлого столетия эта проблема была неактуальной для ученых и аграриев, поскольку Западную Сибирь не рассматривали как сельскохозяйственный регион страны. Отсутствие сортов интенсивного типа местной селекции, дефицит минеральных удобрений и примитивная система земледелия, не учитывающая почвенно-климатические особенности региона, являлись главными причинами низких урожаев в Сибири. При получении урожая зерновых культур не более 12-15 ц/га не было необходимости изучать питательный режим сибирской пашни и разрабатывать систему удобрений. Естественного плодородия пахотных почв было достаточно для формирования традиционной для Западной Сибири урожайности сельскохозяйственных культур. С появлением новых сортов местной селекции возникла необходимость изучения питательного режима почв и определения эффективности минеральных удобрений [4, 5]. Это дало возможность в настоящее время довести урожайность на отдельных

полях до 5,0-6,0 т/га зерна с качеством, не уступающим основным зерноводческим регионам России. При этом нужно помнить, что получение высоких урожаев требует детального изучения азотного режима почв и в особенности динамики нитратов, которые являются основной легко усваиваемой формой азота. Современная наука хорошо оснащена приборной базой, цифровыми технологиями, однако их эффективное использование основано на получении первичной информации с полевых стационаров и агрохимических исследований [6, 7].

**Цель исследований** – изучить влияние минеральных удобрений на нитратный режим пахотного чернозема под пшеничным агрофитоценозом.

### Объект и методы исследований

Изучение влияния разного уровня минерального питания на содержание и динамику нитратов в черноземе выщелоченном проводили в условиях учебно-опытного хозяйства ГАУ Северного Зауралья под посевами зерновых. Научный опыт расположен в 12 км от г. Тюмени и в 1,5 км от д. Утешево. На данном участке исследования стали проводиться еще в 90-е годы и продолжают в настоящее время. Размер делянки 100 м<sup>2</sup>, учётная площадь – 50 м<sup>2</sup>. Делянки размещаются последовательно в

4-кратной повторности и не изменяются во времени и по территории. В целом климат лесостепной зоны в годы исследований, несмотря на холодную зиму и короткое, жаркое лето, характеризовался благоприятным для возделывания сельскохозяйственных культур. Объект исследований – старопахотный чернозем выщелоченный, с мощностью гумусового горизонта до 35 см. Культура – яровая пшеница, сорт Новосибирская 29. Для получения планируемой урожайности минеральные удобрения вносили на следующих дозах: контроль (без удобрений);  $N_{40}P_{75}$  – на 3,0 т/га зерна;  $N_{150}P_{200}$  – на 5,0 т/га зерна;  $N_{185}P_{160}$  – на 6,0 т/га зерна. Дозы рассчитывали ежегодно методом элементарного баланса с учетом фактического содержания питательных веществ в весенний период. Почва стационара характеризовалась очень низкой обеспеченностью нитратным азотом; средней обеспеченностью по градации Чирикова (70-100 мг/кг в зависимости от варианта) подвижным фосфором и высокой обеспеченностью подвижным калием (160-200 мг/кг). При расчете доз удобрений также учитывался азот текущей нитрификации, определенный ранее для стационара. Его величина составляет 60 кг/га действующего вещества [8]. В качестве удобрений были выбраны аммофос и аммиачная селитра, которые вносили в один срок перед посевом под предпосевную культивацию. Калийные удобрения из-за достаточной обеспеченности почвы этим элементом, согласно данным агрохимического анализа, не вносили. Осенью проводили отвальную обработку на глубину 20-22 см, весной – боронование, внесение удобрений, предпосевная культивация на глубину 4-6 см, посев и прикатывание. Уборку яровой пшеницы проводили поделочно, прямым комбайнированием.

Почва отбиралась с каждой деланки в 3-кратной повторности на глубину до 40 см. Нитратный азот определяли по Грандваль-Ляжу дисульфифеноловым методом в лаборатории агрохимии и физических свойств почв Агробиотехнологического центра ГАУ Северного Зауралья. Статистику данных проводили по Б.А. Доспехову с использованием программного продукта Microsoft Excel.

### Результаты и их обсуждение

Нитратный режим всех почв характеризуется высокой степенью изменчивости как во времени, так и пространстве. Несмотря на это он являет-

ся не менее важным, чем фосфорный и калийный режимы. Исследования омских агрохимиков показали очень тесную положительную связь между содержанием нитратов и урожайностью сельскохозяйственных культур [9]. Эти данные неоднократно подтверждались и другими учеными [10-12].

Проведенные нашими учеными в разные годы исследования показали, что пахотный чернозем в весенний период отличается пониженным содержанием нитратного азота – в слое 0-40 см его содержание составляет 4,2 мг/кг почвы (табл.). Большая часть нитратов находится в слое 0-20 см –  $5,2 \pm 0,6$  мг/кг почвы. За годы исследований их содержание варьировало в средней степени ( $CV=11\%$ ). С глубиной их содержание уменьшается до 3,2 мг/кг почвы. Концентрация нитратов в слое 20-40 см варьировала по годам существенно сильнее, чем в вышележащем слое, – коэффициент вариабельности составил 30%.

Минеральные удобрения в дозе  $N_{40}P_{75}$  практически не оказывают влияния на содержание нитратного азота в почве перед посевом. Увеличение дозы удобрений до  $N_{150}P_{200}$  кг/га отражает достоверную разницу перед посевом только в слое 20-40 см, где содержание было равным  $4,2 \pm 0,7$  мг/кг, это на 30% выше значений контроля ( $HC_{P_{05}}=0,3$  мг/кг).

Несмотря на высокую подвижность нитратов в почве, вариант с уровнем минерального питания  $N_{185}P_{160}$  характеризовался максимальным количеством N-NO<sub>3</sub>. В слое 0-20 см его содержание составило 6,6 мг/кг почвы, а в слое 20-40 – 4,8 мг/кг. Разница относительно контроля была выше значений  $HC_{P_{05}}$ .

Многолетнее использование минеральных удобрений не оказывает достоверного уменьшения варьирования содержания нитратов перед посевом зерновых культур. Коэффициенты варьирования на фоне азотно-фосфорных удобрений в слое 0-20 см составили 11-23%, слое 20-40 см – 16-29%.

Из этого следует вывод, что систематическое внесение минеральных удобрений в 2 культурах (пшеница, овес) в трехпольном зернопаровом севообороте не оказывает существенного влияния на содержание нитратного азота перед посевом. Причинами этого являются поглощение его однолетними травами, частичное вымывание нитратов вглубь почвенного профиля в осенне-зимний период [13].

**Динамика нитратного азота при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность яровой пшеницы, мг/кг почвы, 2015-2020 гг.**

Варианты (фактор А)	Слой, см	Отбор почвенных проб (фактор В)			
		посев	кущение	цветение	уборка
Контроль	0-20	5,2±0,6	9,3±3,5	4,4±1,4	3,6±2,1
	20-40	3,2±1,0	6,1±2,3	2,6±1,1	1,9±1,0
NPK на 3,0 т/га	0-20	5,2±0,6	22,1±4,2	7,9±2,0	4,3±0,5
	20-40	3,3±0,9	14,0±4,3	5,2±1,7	2,7±0,7
NPK на 5,0 т/га	0-20	5,5±1,3	45,3±6,8	13,7±2,9	8,6±2,5
	20-40	4,2±0,7	28,3±7,8	8,9±1,5	5,1±0,8
NPK на 6,0 т/га	0-20	6,6±1,1	57,6±8,9	19,8±3,1	10,1±1,1
	20-40	4,8±1,0	35,5±7,3	14,8±2,4	7,5±0,9
<p>НСР<sub>05</sub> для слоя 0-20 см: по фактору А – 0,4; по фактору В – 2,8 мг/кг; 20-40 см: по фактору А – 0,3; по фактору В – 3,5 мг/кг</p>					

Внесение минеральных удобрений под предпосевную культивацию дифференцирует пахотный горизонт по уровню содержания питательных веществ. Однако нитраты, в отличие от фосфора и калия, не удерживаются ни одним видом поглотительной способности почвы. В условиях лесостепной зоны Зауралья они быстро растворяются и способны мигрировать на глубину промачивания слоя в весенний период. В северной лесостепи Зауралья глубина промачивания в весенний период не превышает 40 см, в отдельные годы (засушливые) миграция нитратов не проявляется, однако за все время существования стационара (год закладки 1995) не было ни одного случая нерастворения аммиачной селитры к моменту прорастания зерновых культур.

В фазу кущения яровой пшеницы содержание нитратного азота в слое 0-20 см на контроле увеличилось до 9,3±3,5 мг/кг почвы; в слое 20-40 см также было отмечено повышение данного показателя до 6,1 мг/кг. Несмотря на активное поглощение питательных веществ в период прорастание-кущение количество нитратов увеличилось почти в 2 раза относительно содержания до посева. Необходимо отметить роль погодных условий на нитрификацию чернозема при отсутствии минеральных удобрений. За годы исследований варьирование содержания нитратов в фазу кущения было значительным – коэффициент вариации составил 38%.

На варианте с дозой удобрений на планируемую урожайность яровой пшеницы 3,0 т/га обеспеченность доступным для растений азотом

была повышенной. В слое 0-20 см содержание нитратов достигло 22,1±4,2 мг/кг, что в 2,4 раза выше контроля. Внесение минеральных удобрений снизило коэффициент вариации в слое 0-20 см до 19%, что соответствовало средней степени изменчивости. Также содержание нитратов увеличилось в слое 20-40 см до 14,0 мг/кг почвы. Коэффициент вариации составил 31%.

Внесение дозы минеральных удобрений N<sub>150</sub>P<sub>200</sub> кг д.в. привело к повышению содержания азота нитратов в слое 0-40 см до 36,8 мг/кг почвы, что соответствовало очень высокой обеспеченности растений данным элементом питания. В корнеобитаемой зоне (0-20 см) концентрация нитратов была максимальной – 45,3±6,8 мг/кг почвы. В слое 20-40 см содержание N-NO<sub>3</sub> возросло почти в 5 раз по сравнению с контролем. Коэффициент вариации для этих слоев составил 15 и 28% соответственно.

Вариант с максимальным уровнем минерального питания (NP на 6,0 т/га) характеризовался избыточно высокой обеспеченностью нитратным азотом в слое 0-40 см. Среднее содержание N-NO<sub>3</sub> в слое 0-20 см в период проведения исследований составило 57,6±8,9, а в слое 20-40 см – 35,5±7,3 мг/кг. Столь высокая концентрация обусловлена полным растворением азотных удобрений и отсутствием дождей в этот период. Также этот вариант характеризовался минимальной степенью изменчивости: в слое 0-20 см коэффициент вариации был равен 15%; в слое 20-40 см – 21%.

В период от кущения до цветения яровая пшеница активно поглощает питательные веще-

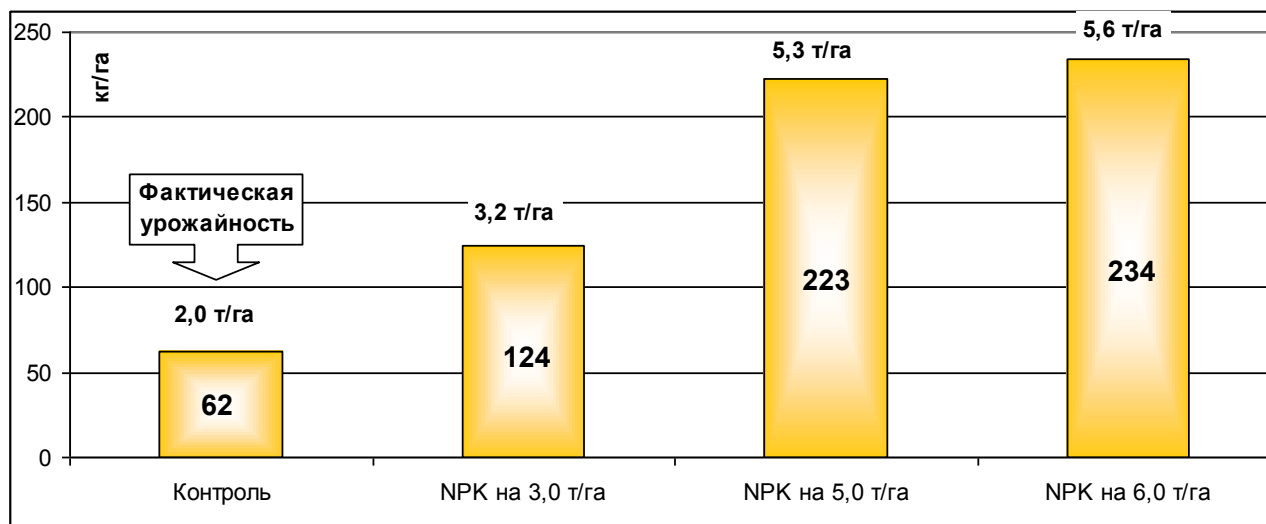
ства из почвы. По данным Ю.И. Ермохина, в это время она потребляет до 90% азота от общего выноса [14]. На контроле в фазу цветения содержание азота нитратов слое 0-40 см уменьшилось до 3,5 мг/кг почвы. Пик поглощения азота нитратов было в слое 20-40 см, где в этот период складываются благоприятные условия для корневой системы. В слое 0-20 см снижение содержания нитратов выражено в меньшей степени, хотя не исключаем и вероятность того, что за счет более интенсивной нитрификации часть поглощенного растениями азота компенсировалась. Расчет коэффициента вариации показал, что за годы исследований в слое 0-40 см очень сильно изменяется (CV=40%).

Вариант с внесением удобрений на получение планируемой урожайности 3,0 т/га зерна содержание нитратов в слое 0-20 см составило  $7,9 \pm 2,0$ , а в слое 20-40 см –  $5,2 \pm 1,7$  мг/кг почвы. Это соответствовало низкой обеспеченности. На варианте с более высоким уровнем минерального питания (NP на 5,0 т/га зерна) обеспеченность яровой пшеницы нитратным азотом оставалась в категории низкой (6-12 мг/кг), но по содержанию была более чем в 3 раза выше контроля. Данный факт указывает на то, что на высоком агрофоне яровая пшеница не способна полностью поглотить минеральный азот из почвы в

первой половине вегетации. Поэтому есть вероятность его потери в период дождей второй половины вегетационного периода. Степень варьирования нитратного азота в слое 0-40 см заметно снизилась (CV=19%).

Яровая пшеница на максимальном агрофоне (N<sub>185</sub>P<sub>160</sub>) не смогла в полной мере потребить азотные удобрения в первой половине вегетации. Содержание нитратов в слое 0-20 см составило 19,8 мг/кг почвы, что почти в 5 раз больше значений контроля. В слое 20-40 см данный показатель был равен 14,8 мг/кг. Среднее содержание нитратов в слое 0-40 см соответствовало повышенной обеспеченности. Коэффициент вариации показал среднюю степень изменчивости содержания нитратов на варианте с максимальным агрофоном в период цветения (CV=17%).

Период налива зерна и созревания яровой пшеницы характеризуется продолжением процесса поглощения питательных веществ из почвы, хотя и не с такой интенсивностью. Наличие достаточного количества минерального азота в почве в этот период формирует высокие урожаи за счет увеличения озерненности и массы 1000 зерен. Однако в условиях достаточного увлажнения азот может спровоцировать вторичное кущение, которое негативно отразится на сборе урожая [15].



**Рис. 1. Общий вынос азота фитомассой яровой пшеницы (кг/га) и ее фактическая урожайность зерна (т/га) на вариантах с разным уровнем минерального питания, 2018-2020 гг.**

Зерновые культуры в фазу восковой спелости зерна уже не поглощают питательные вещества из почвы, завершая свой жизненный цикл оттоком пластических веществ из листьев и соломины в колос. Поэтому в конце лета склады-

ваются благоприятные условия для накопления нитратов в почве. Слой 0-40 см в исследуемые годы характеризовался низкой обеспеченностью нитратным азотом, составив 2,8 мг/кг почвы. В слое 0-20 см отмечено самое большое его со-

держание ( $3,6 \pm 2,1$  мг/кг). На варианте с минимальным агрофоном азота нитратов было много больше, чем на контроле: в слое 0-20 см – 4,3 мг/кг; в 20-40 см – 2,7 мг/кг.

При уровне минерального питания (NP на 5,0 т/га зерна) после уборки яровой пшеницы в почве остался неизрасходованный азот в количестве 2 мг/кг, что соответствует 10 кг/га. Максимальное содержание N-NO<sub>3</sub> было в слое 0-20 см. С глубиной концентрация снижалась, достигая 5,1 мг/кг почвы.

Максимальный агрофон, созданный минеральными удобрениями, выделялся относительно других вариантов высоким содержанием нитратов перед уборкой яровой пшеницы. В слое 0-20 см их концентрация была равна  $10,1 \pm 1,1$ , глубже –  $7,5 \pm 0,9$  мг/кг почвы, что на 54% выше первоначального значения. Столь высокое содержание нитратов в период уборочных работ объясняется не востребованностью данного элемента питания яровой пшеницей, которая сформировала фактический урожай ниже запланированного. Причиной этого являются особенности погодных условий в годы проведения опытов.

За годы исследований урожайность на контроле с 1995 г. составила 2,0 т/га. Общий вынос азота фитомассой – 62 кг/га, что соответствовало 31 кг азота на 1 т зерна. Вынос азота с варианта, где удобрения вносились на планируемую урожайность 3 т/га зерна, составил 124 кг/га, что выше контроля почти в 2 раза. Яровая пшеница для создания 1 т зерна израсходовала 39 кг азота, что сопоставимо с нормативными значениями, используемыми для программирования урожайности яровой пшеницы [16].

Планирование урожая яровой пшеницы 5,0 т/га зерна в лесостепной зоне Зауралья связано с определенными рисками [17]. Нужно учитывать влагообеспеченность посевов в критические фазы роста, сумму эффективных температур и погодные условия во время уборочных работ.

В среднем за годы исследований фактическая урожайность на варианте с NP на 5,0 т/га совпала с расчетной величиной. Только в 2019 г. сбор зерна достоверно превысил планируемую урожайность на 10% при НСР<sub>05</sub>, равном 0,24 т/га.

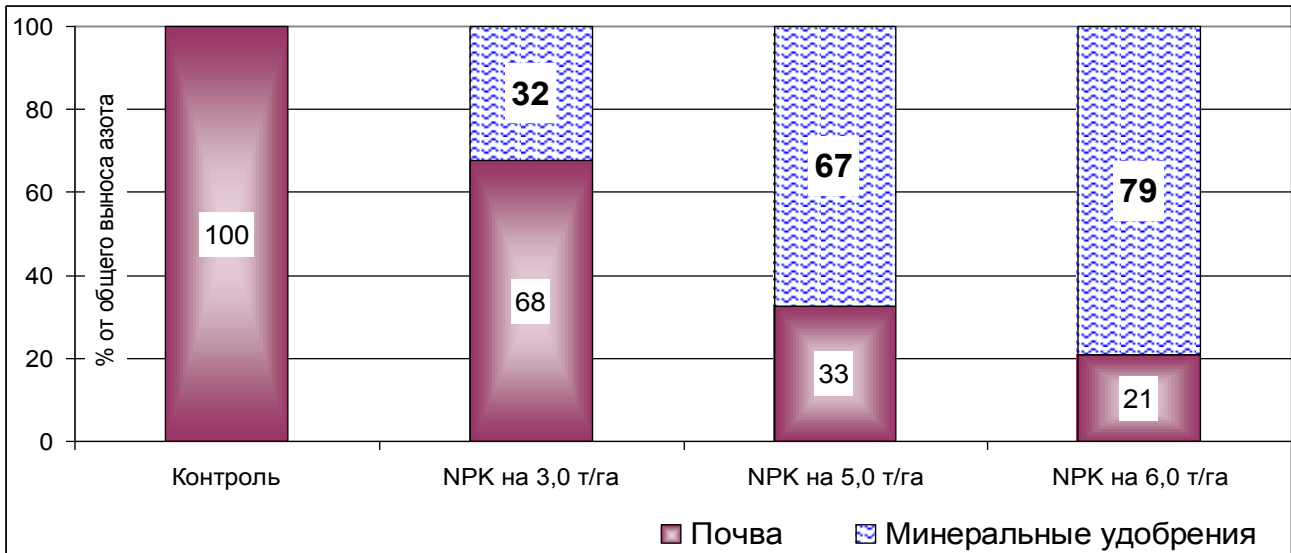
Общий вынос азота фитомассой яровой пшеницы увеличился до 223 кг/га, что в 3,6 раза больше значений контроля. На единицу товарной продукции пришлось 42 кг азота – на 8% выше значений предыдущего варианта.

Вариант с максимальной насыщенностью удобрениями выделялся среди остальных тем, что яровая пшеница развивалась в течение всей вегетации без ограничения в минеральном питании. Фактическая урожайность оказалась на 7% ниже планируемой. Причиной этого является отсутствие стабильности урожая: в 2018 г. она составила 5,5; в 2019 г. – 5,1; в 2020 г. – 6,2 т/га. Поэтому при планировании урожаев зерновых культур в лесостепной зоне Зауралья на черноземах необходимо учитывать погодные условия вегетационного периода и весенние запасы продуктивной влаги.

Общий вынос азота фитомассой зерновых на максимальном агрофоне достиг 234 кг/га, что почти в 4 раза выше контроля. На создание 1 т зерна было потрачено 42 кг азота, что сопоставимо с предыдущим вариантом.

Расчеты показали, что при планировании урожайности яровой пшеницы 3,0 т/га на черноземе выщелоченном доля участия почвенного азота составляет 68%, и лишь треть составляют минеральные удобрения (рис. 2). Это может стать научным обоснованием выбора такой урожайности для мелких и средних хозяйств, которые не имеют больших средств для выращивания зерна.

Урожай 5,0 т/га формируется уже в обратной пропорции – 67% доля удобрений и только 33% приходится на естественные запасы азота. Дальнейшее повышение планируемой урожайности приводит к увеличению значимости удобрений до 79%. Данные расчеты показывают, что получение высоких урожаев (5,0 т/га зерна и выше) в условиях лесостепной зоны Зауралья возможно только за счет минеральных удобрений, что существенно увеличит прямые затраты и себестоимость получаемой продукции. В условиях рыночной экономики получение урожаев 5,0 т/га зерна и более возможно только в крупных хозяйствах, которые его выращивают для своих нужд, например, в качестве корма животным или птице.



**Рис. 2. Вклад минеральных удобрений и почвенного азота в формирование планируемых урожаев яровой пшеницы, % от общего выноса азота фитомассой**

### Заключение

Черноземы лесостепной зоны Зауралья характеризуются очень низкой обеспеченностью нитратным азотом, которого с учетом текущей нитрификации хватает только для формирования урожайности не более 2,0 т/га яровой пшеницы. Для получения 3,0 т/га зерна и более необходимо внесение минеральных удобрений от  $N_{40}P_{75}$  до  $N_{185}P_{160}$  кг/га. В результате их внесения обеспеченность нитратным азотом в почве возрастает до уровня высокой и очень высокой только в первую половину вегетации. К моменту уборочных работ содержание нитратов в почве снижается до первоначального уровня, и только на варианте с максимальной насыщенностью удобрений (NP на 6,0 т/га) в осенний период содержание нитратов снижается до среднего уровня обеспеченности.

Общий вынос азота фитомассой яровой пшеницы на естественном агрофоне составляет 62 кг/га. Внесение возрастающих доз удобрений увеличивает вынос до 234 кг/га. Для формирования 1 т зерна требуется от 31 до 42 кг азота в зависимости от планируемой урожайности. Это необходимо предусматривать при разработке системы удобрений для яровой пшеницы.

При формировании урожая 3,0 т/га яровой пшеницы на черноземе выщелоченном вклад минеральных удобрений составляет 32%. С увеличением урожайности доля почвенного азота уменьшается до 21%, и основная часть зерна формируется за счет азота удобрений.

### Библиографический список

1. Танасиенко, А. А. Содержание азота в нарушенных и ненарушенных черноземах и продуктах твердого стока расчлененной территории Западной Сибири / А. А. Танасиенко, О. П. Якутина, А. С. Чумбаев. – Текст: непосредственный // Проблемы агрохимии и экологии. – 2016. – № 2. – С. 39-46.
2. Дёмин, Е. А. Азотный режим кукурузы, выращенной по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья / Е. А. Дёмин, Д. И. Ерёмин. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 12 (158). – С. 10-16.
3. Агрохимические свойства почв и эффективность удобрений / Г. П. Гамзиков, В. Б. Ильин, В. М. Назарюк [и др.]. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1989. – 254 с. – Текст: непосредственный.
4. Логинов, Ю. П. Многобиотипные сорта яровой пшеницы – резерв повышения урожайности и качества зерна в Тюменской области / Ю. П. Логинов, А. А. Казак, Л. И. Якубышина. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (72). – С. 43-45.
5. Динамика генетического разнообразия сортов овса в Тюменской области по авенин-кодирующим локусам / А. В. Любимова, Г. В. Тоболова, Д. И. Еремин, И. Г. Лоскутов. – Текст: непосредственный // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2020. – Т. 24, № 2. – С. 123-130.

6. Ерёмина, Д. В. Перспективы развития почвенной информатики / Д. В. Ерёмина. – Текст: непосредственный // Агропродовольственная политика России. – 2017. – № 11 (71). – С. 133-139.

7. Абрамов, Н. В. Оптимизация азотного питания яровой пшеницы при использовании спутниковых навигационных систем / Н. В. Абрамов, С. В. Шерстобитов, С. А. Семизоров. – Текст: непосредственный // 75 лет географической сети опытов с удобрениями: материалы Всероссийского совещания научных учреждений – участников географической сети опытов с удобрениями. – Москва, 2016. – С. 10-16.

8. Абрамов, Н. В. Азот текущей нитрификации и хозяйственный вынос как факторы программирования урожайности яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья / Н. В. Абрамов, Д. И. Еремин. – Текст: непосредственный // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 2 (194). – С. 25-29.

9. Агротехническая диагностика потребности полевых культур в азотных удобрениях / В. М. Красницкий, И. А. Бобренко, А. Г. Шмидт, О. А. Матвейчик. – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2020. – № 6 (117). – С. 40-44.

10. Гамзиков, Г. П. Агрохимия азота лугово-черноземных почв Сибири / Г. П. Гамзиков // Почвоведение. – 2004. – № 1. – С. 82-91.

11. Назарюк, В. М. Роль азота микробной биомассы в азотном питании растений на почвах лесостепной зоны западной Сибири / В. М. Назарюк, Ф. Р. Калимуллина. – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 2017. – № 1. – С. 3-11.

12. Котченко, С. Г. Динамика содержания различных форм азота в пахотных серых лесных почвах Северного Зауралья / С. Г. Котченко, Н. А. Груздева, Д. И. Еремин // Плодородие. – 2017. – № 4. – С. 39-43.

13. Еремин, Д. И. Продуктивность с занятым паром севооборота в условиях Северного Зауралья: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук: 06.01.01 / Еремин Дмитрий Иванович. – Тюмень, 2002. – 206 с. – Текст: непосредственный.

14. Ермохин, Ю. И. Почвенная диагностика минерального питания яровой пшеницы в условиях Западной Сибири / Ю. И. Ермохин. – Текст: непосредственный // Мир Инноваций. – 2015. – № 1-4. – С. 67-72.

15. Еремин, Д. И. Получение высоких урожаев овса в Западной Сибири / Д. И. Еремин, М. Н. Моисеева. – Текст: непосредственный // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 9-1 (48). – С. 59-62.

16. Тютюнов, С. И. О методике программирования урожаев на черноземах центрально-черноземного региона / С. И. Тютюнов, В. В. Никитин, А. Н. Воронин. – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 2013. – № 9. – С. 48-54.

17. Абрамов, Н. В. Проблемы получения максимально возможной урожайности яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья / Н. В. Абрамов. – Текст: непосредственный // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 1. – С. 31-34.

### References

1. Tanasienko, A. A. Soderzhanie azota v narushennyh i nenarushennyh chernozemah i produktah tverdogo stoka raschlenennoj territorii Zapadnoj Sibiri / A. A. Tanasienko, O. P. Yakutina, A. S. Chumbaev. – Текст: neposredstvennyj // Problemy agrohimii i ekologii. – 2016. – № 2. – S. 39-46.

2. Dyomin, E. A. Azotnyj rezhim kukuruzy, vyrashchennoj po zernovoj tekhnologii v lesostepnoj zone Zaural'ya / E. A. Dyomin, D. I. Eryomin. – Текст: neposredstvennyj // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2017. – № 12 (158). – S. 10-16.

3. Agrohimicheskie svojstva pochv i effektivnost' udobrenij / G. P. Gamzikov, V. B. Il'in, V. M. Nazaryuk [i dr.]. – Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1989. – 254 s. – Текст: neposredstvennyj.

4. Loginov, Yu. P. Mnogobiotipnye sorta yarovoj pshenicy – rezerv povysheniya urozhajnosti i kachestva zerna v Tyumenskoj oblasti / Yu. P. Loginov, A. A. Kazak, L. I. YAkubyshina. – Текст: neposredstvennyj // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 4 (72). – S. 43-45.

5. Dinamika geneticheskogo raznoobraziya sortov ovsa v Tyumenskoj oblasti po aveninkodiruyushchim lokusam / A. V. Lyubimova, G. V. Tobolova, D. I. Eremine, I. G. Loskutov. – Текст: neposredstvennyj // Vavilovskij zhurnal genetik i selekcii. – 2020. – Т. 24, № 2. – S. 123-130.

6. Eryomina, D. V. Perspektivy razvitiya pochvennoj informatiki / D. V. Eryomina. – Текст: neposredstvennyj // Agroprodovol'stvennaya politika Rossii. – 2017. – № 11 (71). – S. 133-139.



7. Abramov, N. V. Optimizatsiya azotnogo pitaniya yarovoj pshenicy pri ispol'zovanii sputnikovyh navigacionnyh sistem / N. V. Abramov, S. V. Sherstobitov, S. A. Semizorov. – Tekst: neposredstvennyj // 75 let geograficheskoy seti opytov s udobreniyami: materialy Vseros-sijskogo soveshchaniya nauchnyh uchrezhdenij – uchastnikov geograficheskoy seti opytov s udobreniyami. – Moskva, 2016. – S. 10-16.

8. Abramov, N. V. Azot tekushchej nitrifikatsii i hozyajstvennyj vynos kak faktory programmirovaniya urozhajnosti yarovoj pshenicy v usloviyah Severnogo Zaural'ya / N. V. Abramov, D. I. Eremin. – Tekst: neposredstvennyj // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. – 2009. – № 2 (194). – S. 25-29.

9. Agrotekhnicheskaya diagnostika potrebnosti polevyh kul'tur v azotnyh udobreniyah / V. M. Krasnickij, I. A. Bobrenko, A. G. Shmidt, O. A. Matvejchik. – Tekst: neposredstvennyj // Plodorodie. – 2020. – № 6 (117). – S. 40-44.

10. Gamzikov, G. P. Agrohimiya azota lugovochernozemnyh pochv Sibiri / G. P. Gamzikov // Pochvovedenie. – 2004. – № 1. – S. 82-91.

11. Nazaryuk, V. M. Rol' azota mikrobnogo biomassy v azotnom pitanii rastenij na pochvah lesostepnoj zony zapadnoj Sibiri / V. M. Nazaryuk, F. R. Kalimullina. – Tekst: neposredstvennyj // Agrohimiya. – 2017. – № 1. – S. 3-11.

12. Kotchenko, S. G. Dinamika sodержaniya razlichnyh form azota v pahotnyh seryh lesnyh

pochvah Severnogo Zaural'ya / S. G. Kotchenko, N. A. Gruzdeva, D. I. Eremin // Plodorodie. – 2017. – № 4. – S. 39-43.

13. Eremin, D. I. Produktivnost's zanyatym parom sevooborota v usloviyah Severnogo Zaural'ya: dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk: 06.01.01 / Eremin Dmitrij Ivanovich. – Tyumen', 2002. – 206 s. – Tekst: neposredstvennyj.

14. Ermohin, Yu. I. Pochvennaya diagnostika mineral'nogo pitaniya yarovoj pshenicy v usloviyah Zapadnoj Sibiri / Yu. I. Ermohin. – Tekst: neposredstvennyj // Mir Innovacij. – 2015. – № 1-4. – S. 67-72.

15. Eremin, D. I. Poluchenie vysokih urozhayev ovsa v Zapadnoj Sibiri / D. I. Eremin, M. N. Moiseeva. – Tekst: neposredstvennyj // Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnykh i estestvennyh nauk. – 2020. – № 9-1 (48). – S. 59-62.

16. Tyutyunov, S. I. O metodike programmirovaniya urozhayev na chernozemah central'no-chernozemnogo regiona / S. I. Tyutyunov, V. V. Nikitin, A. N. Voronin. – Tekst: neposredstvennyj // Agrohimiya. – 2013. – № 9. – S. 48-54.

17. Abramov, N. V. Problemy polucheniya maksimal'no vozmozhnoj urozhajnosti yarovoj pshenicy v usloviyah Severnogo Zaural'ya / N. V. Abramov. – Tekst: neposredstvennyj // Agrarnyj vestnik Urala. – 2009. – № 1. – S. 31-34.



УДК 631.445.4:635.2(571.15)

С.В. Макарычев, А.С. Давыдов, А.В. Бойко  
S.V. Makarychev, A.S. Davydov, A.V. Boyko

## ДИНАМИКА ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ В СТАРООРОШАЕМОЙ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЕ ПОД СОЕЙ

### DYNAMICS OF MOISTURE CONTENT IN OLD-IRRIGATED MEADOW-CHERNOZEM SOIL UNDER SOYBEANS

**Ключевые слова:** лугово-черноземная почва, соя, дисперсность, плотность, влагосодержание, коэффициент фильтрации, орошение, дефицит влаги, поливная норма.

Для получения высоких урожаев соевой культуры необходимо проведение оросительных мелиораций в критические фазы развития растений. Это требует предварительных научных исследований формирую-

щегося в естественных условиях водного режима и его параметров, таких как влажность, гидрологические константы, общие и продуктивные влагозапасы. В течение всех лет исследований общие запасы влаги играли существенную роль сразу после снеготаяния и до середины, а иногда до конца июня. Аналогично ПЗВ, будучи удовлетворительными, сохранялись до первой декады июня. В течение этого времени дефицит продуктивной влаги оставался минимальным. Начиная со