



АЗОТНОЕ СОСТОЯНИЕ ПАХОТНЫХ БУРОЗЕМОВ ПЕРЕД ПЕРВОЙ ВЕСЕННЕЙ ПОДКОРМКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

А. А. Басаргина, аспирантка кафедры агрономии и агроэкологии

E-mail: anna.basargina.96@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»



О. А. Анциферова, доктор сел.-хоз. наук,
профессор кафедры агрономии и агроэкологии

E-mail: anciferoва@inbox.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Проведено обследование содержания и запасов минерального азота в холмисто-моренном агроландшафте в западной части Калининградской области. Установлено, что в начале марта содержание нитратного и аммонийного азота в пределах слоя 0–100 см очень низкое. Это связано с интенсивным выщелачиванием в зимний период с обилием осадков на фоне положительных температур двух месяцев. Выявлено, что даже при низких концентрациях в некоторых почвах имеется связь нитратного азота с показателем электропроводности. Запасы минерального азота оцениваются как очень низкие. Поэтому предложена система интенсивного азотного питания озимой пшеницы при весенних подкормках.

Ключевые слова: нитратный азот, аммонийный азот, запасы минерального азота, электропроводность, азотные подкормки.

ВВЕДЕНИЕ

Весенняя диагностика запасов минерального азота – часть государственного агрохимического мониторинга почв сельскохозяйственных угодий [1]. Актуальность этого направления обусловлена совершенствованием агротехнологий, в частности азотного питания озимых зерновых культур [2, 3]. Высокий уровень урожайности зерновых в Калининградской области обусловлен высоким почвенно-климатическим потенциалом [4]. Однако на фоне изменяющегося климата необходим мониторинг агрохимических свойств для корректировки и адаптации систем удобрения.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены на пахотных почвах в холмистом агроландшафте Самбийской равнины. Землепользование осуществляет подразделение растениеводства по Зеленоградскому округу агрохолдинга «ДолговГрупп». Опытное поле – участок многолетнего почвенно-гидрологического мониторинга «Перелески» [5], расположено в Зеленоградском муниципальном округе Калининградской области. Площадь поля – 100 га. В период обследования поле занято озимой пшеницей, предшественником которой явился озимый рапс.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – изучение особенностей пространственного и вертикального распределения и оценка запасов минерального азота (нитратного и аммонийного) в осущенных глееватых буроземах в ранневесенний период (после возобновления вегетации озимой пшеницы).

Задачи исследования:

1. Установить содержание и характер профильного распределения форм минерального азота до глубины 100 см.
2. Изучить влияние концентрации форм минерального азота на электропроводность почвенных растворов.
3. Оценить запасы минерального азота в слое 0–40 см и предложить дозы азотных удобрений для подкормки озимой пшеницы.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе использован комплекс методов агроэкологического и агрохимического мониторинга.

1. Методы полевых исследований. Обследование проведено в первой декаде марта 2024 г. На площадках мониторинга в пределах почвенных ареалов буровым методом отбирались пробы почв послойно с шагом 10 см до глубины 100 см. На каждом почвенном ареале отобрано по 10 проб почв при общем количестве площадок 8. Одновременно учитывался уровень грунтовых вод.

2. Методы лабораторных исследований. В почвенных образцах определены: полевая влажность термостатно-весовым методом [6], электропроводность [7] на приборе «Анализатор жидкости кондуктометрический (HI 98308 HANNA Instruments)», содержание нитратного азота [8] на приборе «Иономер И-160.1МП», содержание аммонийного азота [9] на приборе «Спектрофотометр ПЭ-5300ВИ». Содержание форм минерального азота выражалось в миллиграммах, приходящихся на килограмм сухой почвы. Затем для расчета запасов азота использовалась рекомендованная формула [10]:

$$X = (N-NO_3 + N-NH_4) \times h \times d \times 0,1,$$

где X – запас азота в исследуемом слое, кг/га; $N-NO_3 + N-NH_4$ – сумма нитратного и аммонийного азота, мг/кг сухой почвы; h – мощность исследуемого слоя, см; d – плотность слоя почвы, г/см³; 0,1 – пересчетный коэффициент.

Плотность сложения почв была определена ранее на площадках мониторинга [5].

Почвы анализировались в лабораториях кафедры агрономии и агроэкологии ИАПС ФГБОУ ВО «КГТУ» и ФГБУ «ЦАС «Калининградский».

3. Статистическая обработка данных выполнена в программе Excel с определением среднего арифметического, ошибки среднего арифметического, стандартного отклонения, коэффициента вариации и выполнением корреляционного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Площадки мониторинга представляют собой три группы почвенных ареалов на различных элементах рельефа: 1) буроземы неоглеенные и глееватые на вершинах холмов; 2) буроземы глееватые на склонах; 3) дерново-глеевые почвы в понижениях. Все почвы осушаются системой закрытого дренажа с отводом вод в открытые каналы. Дренажные системы находятся в неудовлетворительном состоянии. Поэтому часть внутрипочвенного стока блокируется. Серьезной проблемой является поверхностный застой вод в понижениях, в связи с чем площадки дерново-глеевых почв на момент обследования были заболочены.

Неоглеенный бурозем на поле представлен единичным ареалом. Профиль почвы имеет строение: Ап – А1 – В1 – В2 – В3 – ВС – С. Мощность гумусового горизонта (Ап + А1) достигает 30 см, а мощность всего профиля почвы – 120 см. Глееватые буроземы являются преобладающими и имеют профиль: Ап – (А1) – В1г – В2г – (В3г) – ВСг – Сг. Мощность гумусового горизонта варьирует от 20 см (полностью представлен пахотным слоем) до 32 см (Ап + А1). Признаки оглеения часто появляются уже в первом иллювиальном горизонте В1г с глубины 35–40 см. Все нижележащие горизонты оглеены, включая почвообразующую породу. Генезис материнской породы в большинстве почв моренный (ледниковый), реже встречаются водно-ледниковые пески. Гранулометрический состав буроземов на площадках мониторинга варьирует от супесчаного до легкосуглинистого [5].

Осадки оказывают решающее влияние на формирование промывного типа водного режима и передвижение по профилю почв форм минерального азота. По данным ближайшей метеостанции (г. Калининград), за осень 2023 г. выпало 181 мм, а в зимний период 2023–2024 гг. – 243 мм. Из зимних месяцев только январь был с отрицательной температурой ($-1,7^{\circ}\text{C}$), остальные с положительной (в декабре $+1,3^{\circ}\text{C}$, а в феврале $+3,9^{\circ}\text{C}$). При этом февраль выдался наиболее дождливым (99 мм осадков). Эти обстоятельства явились причиной интенсивного промывания профиля зональных и полугидроморфно-зональных почв в зимний период.

Среди форм минерального азота наиболее подвижной являются нитраты, которые не поглощаются почвой, а свободно передвигаются по профилю с почвенными растворами. Аммонийная форма минерального азота обладает меньшей подвижностью по причине вхождения в почвенно-поглощительный комплекс при физико-химическом поглощении.

Распределение минерального азота по профилю почв на вершинах холмов и склонах (рисунок 1) показывает более низкое содержание нитратов по сравнению с ионом аммония. Это является следствием вышеуказанной причины, то есть интенсивного выноса нитратов вместе с нисходящим потоком влаги в осенне-зимний период. Содержание нитратного азота по всему профилю изученных почв крайне низкое (0,6–2,0 мг/кг). При этом максимум приурочен к гумусовому пахотному слою. В целом характер распределения нитратов в пределах метровой толщи приближается к убывающему. Достоверных отличий между горизонтами глубже 20 см нет, так же как и между индивидуальными профилями почв.

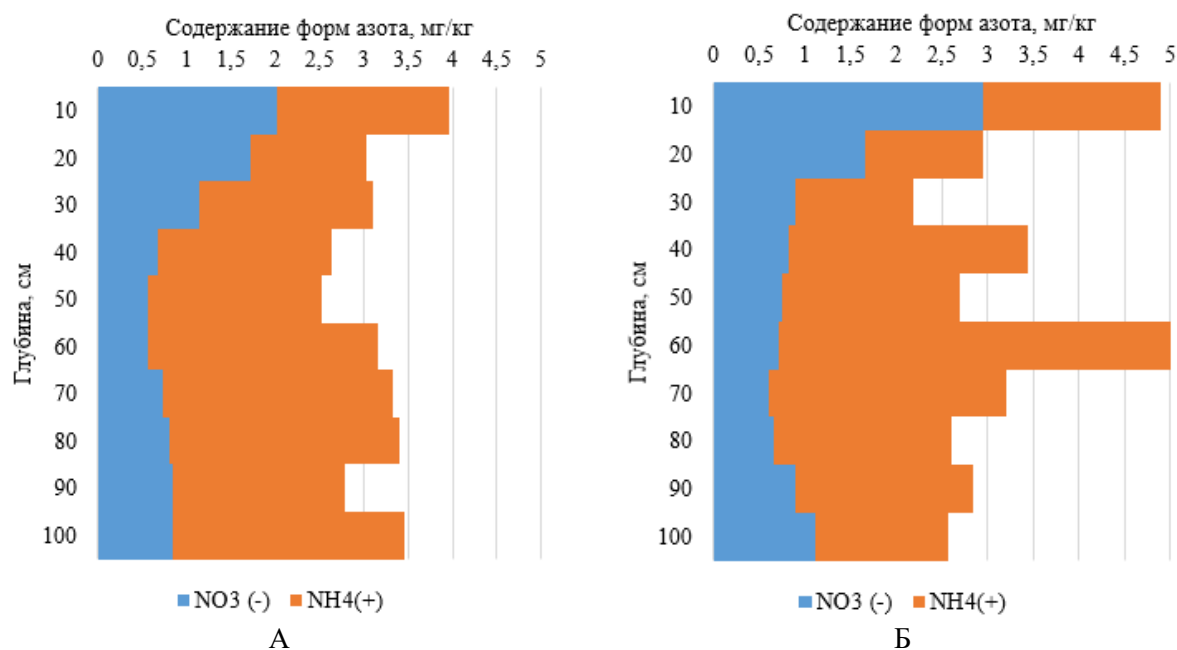


Рисунок 1 – Распределение по профилю нитратного и аммонийного азота в буроземах на вершинах холмов (А) и на склонах (Б). Усредненные данные по восьми индивидуальным профилям

Содержание аммонийного азота в профиле буроземов также очень низкое (1,3–2,6 мг/кг), но превышает количество нитратной формы, начиная с глубины 10–20 см. Распределение иона аммония приближается к равномерному в почвах на вершинах холмов. На склонах в пределах метровой толщи распределение неравномерное, на что влияют индивидуальные особенности почв, прежде всего неоднородный гранулометрический состав. Высокая кислотность в иллювиальной части почв (pH_{KCl} 3,8–4,5) может приводить к тому, что в результате обменных процессов ион аммония вытесняется из почвенно-поглощительного комплекса в раствор ионами водорода и алюминия. В итоге аммонийный азот становится подвижным и способен мигрировать с нисходящими токами. Этим объясняется его очень низкая концентрация. Также большую роль играет легкий гранулометрический состав.

Электропроводность почвенных вытяжек является фактором, по которому можно судить об общей концентрации солей. Значительное влияние на электропроводность также оказывают гранулометрический состав и влажность почвы. Этот показатель не изучен в почвах области. Поэтому мы предприняли исследование, направленное на установление фоновых значений в условиях легкого гранулометрического состава буроземов, их ранневесеннего гидрологического состояния, при котором все горизонты почв (за исключением пахотного слоя 0–20 см) имеют влажность выше наименьшей влагоемкости. Проведена попытка выявления взаимосвязи азотного состояния и электропроводности в условиях очень низких значений минерального азота. Как и следовало ожидать, электропроводность оказалась низкой (интервал 13–29 мкСм/см⁻¹), при этом максимальные значения характерны для пахотных горизонтов почв, в которых ниже влажность и больше нитратного азота (рисунок 2). По характеру распределения и послойным значениям не установлено достоверных отличий между двумя группами почв – буроземами на вершинах и склонах.

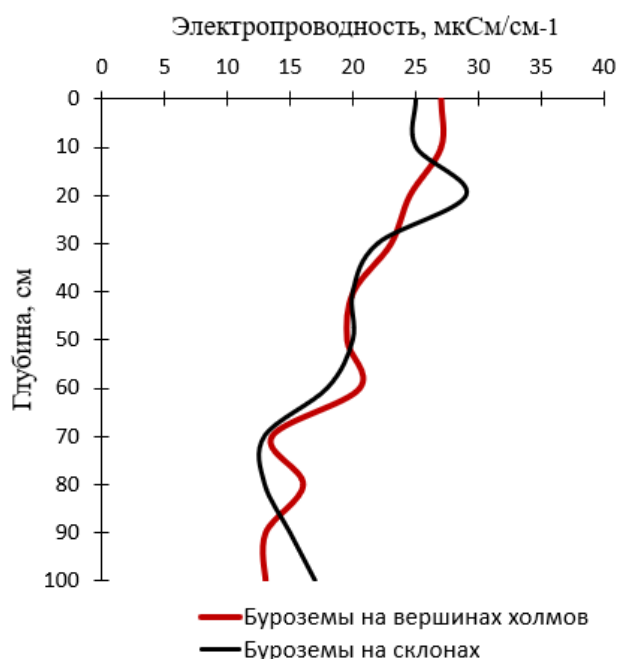


Рисунок 2 – Профильное распределение значений электропроводности почвенных растворов на фоне низких концентраций минерального азота при легкосуглинистом и супесчаном гранулометрическом составе. Первая декада марта 2024 г

Проверка гипотезы о влиянии форм минерального азота на электропроводность почвенных вытяжек показала, что в области очень низких концентраций наблюдается тесная корреляционная связь только с нитратным азотом в отдельных почвах. Высокие коэффициенты корреляции ($r = 0,68–0,75$) наблюдались по индивидуальным профилям в пяти из восьми буроземов. Наличие связи объясняется тем, что нитрат-анион находится непосредственно в растворе, а аммоний – в поглощенном состоянии. В большей степени при таком низком содержании азота выражена прямая связь электропроводности с гранулометрическим составом и, вероятно, обратная связь с влажностью.

Основной задачей весенней диагностики минерального азота является оценка его запасов для разработки схемы подкормок. Результаты исследований отражены в таблице. Различия между почвами по всем слоям недостоверны при уровне значимости $P_{0,05}$. В связи с этим можно говорить лишь о тенденции того, что запасы минерального азота в пахотном слое буроземов на вершинах несколько меньше по сравнению со склонами. Но при этом метровая толща почв на склонах более выщелочена.

Таблица – Запасы, кг/га, минерального азота (нитратного и аммонийного) в различных слоях буроземов в начале марта

Почвенные горизонты буроземов	Глубина, см	Запасы по элементам рельефа	
		Вершины	Склоны
Пахотный, Ап	0–20	9,1 ± 0,5	14,1 ± 0,9
Пахотный гумусовый + подпахотный, Ап + (A1) + B1(g)	0–40	17,6 ± 1,2	20,0 ± 1,5
Пахотный гумусовый + иллювиальные, Ап + (A1) + B1 (g) + B2g	0–60	26,5 ± 0,6	27,2 ± 1,9
Основной профиль почвы, (Ап + B1(g) + B2g + BCg)	0–100	47,5 ± 1,5	38,6 ± 2,6

В системе агрохимической службы рекомендовано оценивать запасы минерального азота в слое 0–40 см, который включает (в буроземах) собственно пахотный и подпахотный иллювиальный горизонты. В этой зоне сосредоточена основная масса корней сельскохозяйственных культур. Согласно шкале, все изученные почвы на поле относятся к первой группе обеспеченности (до 60 кг/га), что характеризует запасы минерального азота как очень низкие. Такое обстоятельство предусматривает интенсивное азотное питание озимой пшеницы.

Основные рекомендации по подкормкам озимой пшеницы применительно к региональным условиям изложены в справочнике агронома по химизации земледелия [11, с. 118–122]. В условиях очень низких запасов минерального азота в почве рекомендуется не менее трех подкормок: 1) ранней весной в марте в фазу кущения (шифр фазы 21–29 по шкале Цадокса) – N 100 кг д.в./га вразброс аммонийной селитры; 2) в конце апреля в фазу выхода в трубку (шифр 30 и 37) можно внести дробно или единовременно N 60–80 кг д.в./га вразброс аммонийной селитрой или в жидком виде КАС32 с микроудобрениями; 3) в фазу колошения по флаговому листу (фазы 49–60) – некорневая подкормка N 60 кг д.в./га раствором карбамида с добавлением микроудобрений. Итого за три подкормки рекомендуется внести 220 кг/га азота по действующему веществу (д.в.). Такая схема подкормок нацелена на получение урожая не менее 7 т/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного исследования установлено:

1. Погодные условия зимних месяцев приводят к интенсивному промыванию почвы и выщелачиванию минерального азота. Поэтому при ранневесенней диагностике содержание аммонийного и нитратного азота в пахотных глееватых буроземах западной части Калининградской области крайне низкое. Распределение по профилю нитратной формы преимущественно убывающее, аммонийной – или равномерное, или с отдельными пиками в связи с неоднородностью гранулометрического состава.
2. На фоне низких концентраций и легкого гранулометрического состава почв в ряде буроземов прослеживается прямая корреляционная связь между содержанием нитратного азота и электропроводностью.
3. Запасы азота под озимой пшеницей в начале марта в слое 0–40 см входят в первую группу обеспеченности – очень низкие. Не выявлено существенных отличий по запасам азота между почвами на вершинах и склонах холмов.
4. Предложена схема весенних подкормок озимой пшеницы для получения высокого урожая.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / Под ред. Л. М. Державина, Д. С. Булгакова. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

2. Изменение содержания подвижных форм азота в серых лесных почвах Ополя под влиянием ландшафтных особенностей агротехнологий / В. В. Окорков, И. М. Щукин, Л. А. Окоркова, В. И. Щукина, А. А. Козлов // *Агрохимия*. – 2023. – № 1. – С. 13–24.
3. Кодочилова, Н. А. Накопление минерального азота в условиях длительного стационарного опыта / Н. А. Кодочилова, Т. С. Бузынина, Л. Д. Варламова // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2021. – Т. 64. – № 6 (384). – С. 22–25.
4. Кирюшин, В. И. Концепция развития земледелия в Нечерноземье. – Санкт-Петербург: ООО «Квадро», 2020. – 276 с.
5. Анциферова, О. А. Гидрологический режим и агроэкологическая оценка почв агроландшафтов Самбийской равнины: монография / О. А. Анциферова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 356 с.
6. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – Москва, 1986. – 335 с.
7. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – Москва: Росстандартинформ, 2011. – 7 с.
8. ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – Москва: ГК по Стандартам СССР, 1987. – 8 с.
9. ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – Москва: ГК по Стандартам СССР. – 1986. – 5 с.
10. Методические указания по комплексной диагностике азотного питания озимых зерновых культур. – Москва: «Колос», 1984. – 47 с.
11. Удобрение, технологии и урожай. Справочник агронома по химизации земледелия / В. И. Панасин [и др.]. – Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта. – 2018. – 315 с.

NITROGEN STATE OF ARABLE BROWN SOILS BEFORE THE FIRST SPRING FEEDING OF WINTER WHEAT

A. A. Basargina, PhD student of the Department of Agronomy and Agroecology
E-mail: anna.basargina.96@mail.ru
Kaliningrad State Technical University

O. A. Antsiferova, Doctor of Agricultural Sciences,
Professor of the Department of Agronomy and Agroecology
E-mail: anciferova@inbox.ru
Kaliningrad State Technical University

A survey of the content and reserves of mineral nitrogen has been carried out in the hilly-moraine agricultural landscape in the western part of the Kaliningrad region. It has been found that in early March, the content of nitrate and ammonium nitrogen within the 0- 100 cm layer is very low. This is due to intensive leaching in winter with abundant precipitation against the background of positive temperatures for two months. It has been found that even at low concentrations in some soils, there is a relationship between nitrate nitrogen and electrical conductivity. The reserves of mineral nitrogen have been estimated as very low. Therefore, a system has been proposed of intensive nitrogen nutrition of winter wheat with spring fertilizing.

Keywords: *nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, mineral nitrogen reserves, electrical conductivity, nitrogen fertilizing.*