

УДК 631.452(470.333)

UDC 631.452(470.333)

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

4.1.3. Agrochemistry, agrosoil science, plant protection and quarantine (agricultural sciences)

СОДЕРЖАНИЕ И ЗАПАС ФОРМ АЗОТА В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВАХ ПОЙМЫ Р.ДЕСНА**THE CONTENT AND STOCK OF NITROGEN FORMS IN THE ALLUVIAL SOILS OF THE DESNA RIVER FLOODPLAIN**

Чекин Геннадий Владимирович
к. с.-х. н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 8079-2235

Chekin Gennady Vladimirovich
Cand.Sci.Agr., associate professor
RSCI SPIN-code: 8079-2235

Силаев Андрей Леонидович
к. с.-х. н., доцент
[РИНЦ SPIN-код: 2299-3344](#)

Silaev Andrey Leonidovich
Cand.Sci.Agr., associate professor
RSCI SPIN-code: 2299-3344

Нечаев Михаил Макарович
к. с.-х. н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 6543-0651
gb-swamp@yandex.ru
Брянский ГАУ, Россия, 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская 2а

Nechaev Mikhail Makarovich
Cand.Sci.Agr., associate professor
RSCI SPIN-code: 6543-0651
gb-swamp@yandex.ru
Bryansk SAU, Russia, 243365, Bryansk region, Vygonichsky district, s. Kokino, Sovetskaya 2a

Азот играет ключевую роль в росте и развитии растений, и исследование его форм в почвах помогает определить потенциал плодородия и оптимизировать использование земельных ресурсов. Настоящая работа посвящена изучению содержания и запасов азота в аллювиальных почвах реки Десна в пределах Брянской области. Объектами исследования стали аллювиальные слоистые и серогумусовые почвы. Использовали стандартные методики анализа почвенного азота, включая определение общего, легкогидролизуемого, обменного аммиачного и нитратного азота. Результаты показали наличие четких тенденций увеличения содержания и запаса общего азота с утяжелением гранулометрического состава почвы, причем аллювиальные серогумусовые почвы отличаются большим содержанием и запасом азота по сравнению с аллювиальными слоистыми почвами. Легкогидролизуемый азот демонстрирует аналогичные тенденции, но его доля относительно содержания общего азота уменьшается с утяжелением гранулометрического состава. Обменный аммоний также увеличивается с утяжелением гранулометрии, исключая тяжелосуглинистые/легкоглинистые разновидности серогумусовых почв. Содержания нитратного азота характеризуются значительной вариацией и отсутствием четких взаимосвязей с типами почв и гранулометрией. В целом обеспеченность растений доступным азотом повышается с утяжелением гранулометрического состава независимо от типа почвы

Nitrogen plays a key role in plant growth and development, and studying its forms in soils helps determine fertility potential and optimize land use. This study examines the nitrogen content and reserves in alluvial soils of the Desna River in the Bryansk region. The study focused on alluvial stratified and gray-humus soils. Standard soil nitrogen analysis methods were used, including determination of total, readily hydrolyzable, exchangeable ammoniacal, and nitrate nitrogen. The results revealed clear trends toward increasing total nitrogen content and reserves with increasing soil texture, with alluvial gray-humus soils having higher nitrogen content and reserves than alluvial stratified soils. Easily hydrolyzable nitrogen exhibits similar trends, but its proportion relative to total nitrogen content decreases with increasing texture. Exchangeable ammonium also increases with increasing particle size distribution, excluding heavy loamy/light clayey varieties of gray-humus soils. Nitrate nitrogen content is characterized by significant variation and the absence of clear relationships with soil types and particle size distribution. Overall, plant availability of available nitrogen increases with increasing particle size distribution, regardless of soil type

Ключевые слова: АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ПОЧВЫ, ОБЩИЙ АЗОТ, ЛЕГКОГИДРОЛИЗУЕМЫЙ АЗОТ, ОБМЕННЫЙ АММОНИЙ, АЗОТ НИТРАТОВ, ОБЕС-

Keywords: ALLUVIAL SOILS, TOTAL NITROGEN, EASILY HYDROLYZABLE NITROGEN, EXCHANGEABLE AMMONIUM, NITRATE NITRO-

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-217-038>

Введение. Азот, являясь одним из элементов-биогенов, имеет важнейшее значение в обеспечении роста и развития растений. Изучение форм азота в почвах имеет существенное значение, помогая понять азотное состояние почв, процессы трансформации азота и разработать меры по регулированию азотного режима. Это в свою очередь повысит эффективность производства кормов и использования естественных кормовых угодий, что является важным аспектом продовольственной безопасности страны [1]. Несмотря на то, что общие запасы азота в почвах значительны, лишь небольшая доля доступна растениям сразу или постепенно. Доступность азота для растений определяется наличием в почве минеральных форм азота, непосредственно потребляемых растениями, и легкогидролизуемого азота, который является ближайшим резервом минерального азота. Пойменные почвы р. Десна практически не исследованы в данном аспекте. При этом, они остаются главным резервом земель сельскохозяйственного назначения в регионе, который с неизбежностью будет вновь вовлечен в сельхозпроизводство.

Цель исследования – изучение содержания форм и запаса азота в аллювиальных почвах р. Десна

Объекты и методы. Исследования проводили на пойме р. Десна в пределах Брянской области (рисунок 1). Отбор почвенных образцов для определения содержания обменных катионов проводили со стенки разреза по генетическим горизонтам Привязку объектов выполняли с помощью GPS-приемника.

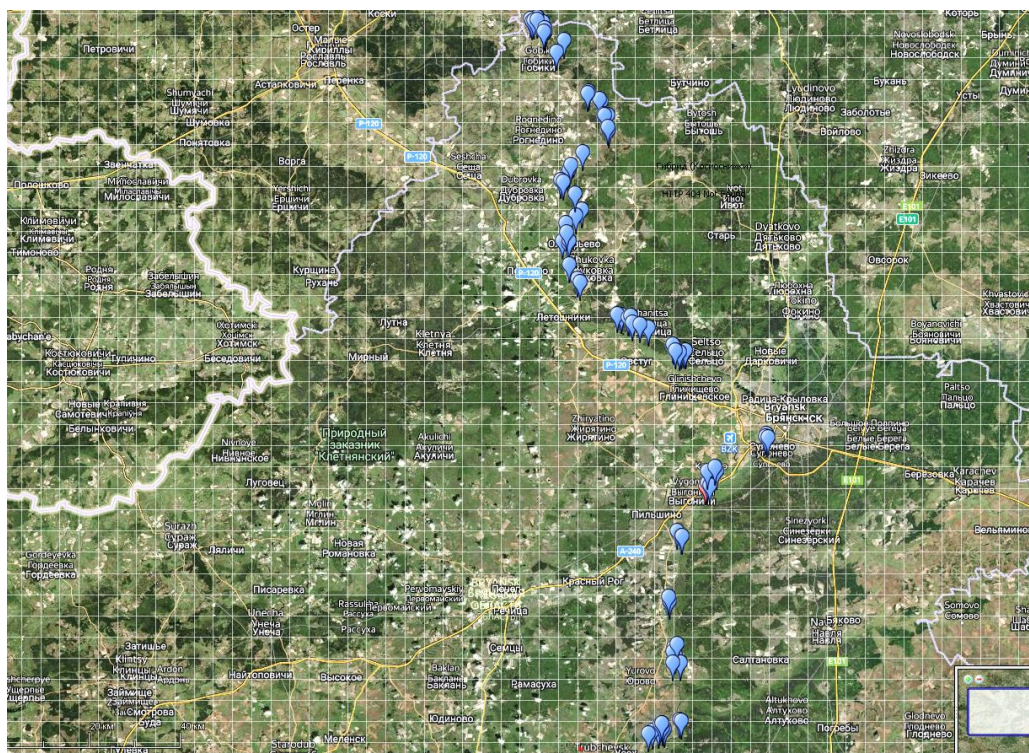


Рисунок 1 – Ключевые почвенные участки

Описание почв проводили в соответствии с Классификацией почв России 2004. К анализу образцы подготавливали общепринятыми методами. Всего проанализировано 221 образца, из них 94 – гумусовые горизонты.

Общий азот определяли по ГОСТ Р 58596; легкогидролизующий азот определяли по Тюрину и Кононовой в модификации Кудеярова; обменный аммоний определяли по ГОСТ 26489; азот нитратов – по ГОСТ 26951. Запас валового содержания и форм азота рассчитывали по формуле: $Z = X \cdot dv \cdot h$, где X – содержание формы азота, dv – плотность почвы, h – мощность слоя почвы.

Статистическую обработку результатов выполняли с помощью программ Statistica и MS Excel. При расчете коэффициента вариации (CV) принимали следующее: 0-10% – низкая вариабельность; 10-20% – средняя вариабельность; 20-30% – высокая вариабельность; >30% – очень высокая вариабельность. Нормальность распределения данных проверяли тестом Шапиро-Уилка. В случае несоответствия закону нормального распределения, для статистической обработки использовали непараметрические мето-

ды. Агрохимическая группировка легкогидролизуемого азота по содержанию в почве дана по Методическим рекомендациям, 2003 [2]

Результаты исследования и их обсуждение. Исходные данные были сгруппированы в два массива по типу почвы: аллювиальные слоистые и аллювиальные серогумусовые. В зависимости от гранулометрического состава, в аллювиальных слоистых почвах были выделены следующие группы: песчаные/супесчаные и суглинистые; в аллювиальных серогумусовых: песчаные и супесчаные, легкосуглинистые, среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и легкоглинистые. Проверка распределения данных показала, что они не подчиняются закону нормального распределения. Исходя из этого, для обсуждения закономерностей корректнее использовать медианное значение вместо среднего.

Таблица 1- Содержание форм азота в аллювиальных слоистых почвах поймы р. Десна*

Горизонты	Общий азот, %	Легкогидролизуемый азот	Обменный аммоний	Нитраты
		мг/кг		
Песчаные и супесчаные разновидности				
W (Wg)	<u>0,09-0,37</u> 0,17	<u>45,79-204,50</u> 79,61	<u>4,79-64,76</u> 11,80	<u><2,80-83,20</u> 5,55
C (Cg)	<u>0,01-0,19</u> 0,09	<u>15,77-191,12</u> 71,73	<u>1,98-46,66</u> 7,57	<u><2,80-58,90</u> <2,80
Суглинистые разновидности				
W (Wg)	<u>0,13-0,36</u> 0,26	<u>36,39-221,38</u> 121,30	<u>9,09-126,24</u> 26,93	<u><2,80-34,70</u> <2,80
C (Cg)	<u>0,05-0,22</u> 0,13	<u>25,02-157,03</u> 67,48	<u>5,70-18,02</u> 9,31	<u><2,80-12,90</u> <2,80

*числитель – минимальное и максимальное значение; знаменатель – медиана

Содержание и запас общего азота в почве является характерным признаком направления почвообразовательных процессов, запас азота при этом указывает на потенциальное плодородие почвы [3].

В гумусовых горизонтах аллювиальных слоистых почв медианное содержание общего азота с утяжелением гранулометрического состава составляет 0,17 и 0,26% от массы абсолютно сухой почвы соответственно (табл. 1). При этом, в песчаных/супесчаных разновидностях отмечена

очень высокая вариация ($CV=40,9\%$), в суглинистых разновидностях – высокая, $CV = 23,4\%$. Медианное значение запаса общего азота в песчаных/супесчаных разновидностях составляет 1,97 т/га ($CV = 102,9\%$), в суглинистых разновидностях – 3,58 т/га ($CV = 58,4\%$). Тенденция состоит в увеличении как содержания, так и запаса общего азота с утяжелением гранулометрического состава аллювиальных слоистых почв. Очень высокая вариабельность запаса общего азота объясняется варьированием мощности гумусовых горизонтов, их плотности и содержания общего азота. В нижележащих горизонтах содержание азота резко падает до 0,09 и 0,13% соответственно, при очень высокой вариации – 50,4 и 47,4%.

В гумусовых горизонтах аллювиальной серогумусовой почвы содержание общего азота, в ряду от песчаных/супесчаных до тяжелосуглинистых/легкоглинистых разновидностей составляет 0,20, 0,21, 0,30 и 0,29% от массы абсолютно сухой почвы (табл. 2). Коэффициенты вариации соответственно равны 31,2, 23,0, 28,7 и 72,0% соответственно. Тенденция на увеличение содержания общего азота с утяжелением гранулометрического состава, как и в случае с аллювиальными слоистыми почвами прослеживается, но различий в содержании общего азота между песчаными/супесчаными и легкосуглинистыми разновидностями, а также между среднесуглинистыми и тяжелосуглинистыми/легкоглинистыми не выявлено. Медианное значение запаса общего азота в ряду с утяжелением гранулометрического состава составляет 3,34, 4,34, 6,47 и 6,59 т/га, при очень высокой вариации показателя ($CV = 64,5, 41,9, 46,6$ и $62,2\%$ соответственно), что объясняется аналогичными с аллювиальными слоистыми почвами причинами. В нижележащих горизонтах так же, как у аллювиальных слоистых почв, происходит резкое уменьшение содержания общего азота 0,09, 0,13, 0,15 и 0,21% от массы абсолютно сухой почвы, при $CV = 57,1, 35,1, 45,6$ и $51,9\%$ соответственно.

В целом можно отметить тренд на увеличение как содержания, так и запаса общего азота с утяжелением гранулометрического состава. При этом аллювиальные серогумусовые почвы содержат больше общего азота и больший его запас, чем аллювиальные слоистые почвы. Другие исследователи так же указывают на зависимость содержания азота от генетических особенностей, гранулометрии и иных факторов [4].

Таблица 2 - Содержание форм азота в аллювиальных серогумусовых почвах поймы р. Десна*

Горизонты	Общий азот, %	Легкогидролизующий азот	Обменный аммоний	Нитраты
		мг/кг		
Песчаные и супесчаные разновидности				
AY (AYg)	<u>0,08-0,30</u> 0,20	<u>17,44-121,88</u> 95,53	<u>4,63-43,72</u> 12,15	<u><2,80-28,45</u> 4,70
Cg (G)	<u>0,01-0,20</u> 0,09	<u>24,31-148,60</u> 71,63	<u>1,74-20,37</u> 5,87	<u><2,80-20,40</u> <2,80
Легкосуглинистые разновидности				
AY (AYg)	<u>0,14-0,33</u> 0,21	<u>40,49-175,58</u> 88,87	<u>4,30-52,81</u> 15,13	<u><2,80-59,44</u> 7,25
Cg (G)	<u>0,05-0,20</u> 0,13	<u>41,39-124,81</u> 81,88	<u>3,88-17,44</u> 8,43	<u><2,80-19,10</u> 5,20
Среднесуглинистые разновидности				
AY (AYg)	<u>0,19-0,50</u> 0,30	<u>62,32-189,70</u> 116,63	<u>10,50-58,35</u> 21,36	<u><2,80-38,00</u> 11,60
Cg (G)	<u>0,06-0,22</u> 0,15	<u>52,31-100,36</u> 74,67	<u>3,64-11,16</u> 7,44	<u><2,80-17,00</u> 9,80
Тяжелосуглинистые и легкоглинистые разновидности				
AY (AYg)	<u>0,11-1,17</u> 0,29	<u>48,52-257,17</u> 123,73	<u>5,70-139,83</u> 15,58	<u><2,80-64,60</u> 10,85
Cg (G)	<u>0,06-0,45</u> 0,21	<u>59,14-170,46</u> 91,07	<u>3,55-16,03</u> 8,32	<u><2,80-53,70</u> 7,85

*числитель – минимальное и максимальное значение; знаменатель – медиана

Легкогидролизующий азот, по мнению ряда исследователей, является ближайшим резервом азотного питания растений [5, 6]. Минерализуясь, он обеспечивает постоянный приток аммонийного и нитратного азота, обеспечивая рост и развитие растений.

В гумусовых горизонтах аллювиальной слоистой почвы медианное содержание легкогидролизующего азота в ряду от более легких к более тяжелым по гранулометрическому составу почв составляет 79,61 и 121,30

мг/кг, при очень высокой вариации ($CV = 45,8$ и $42,4\%$). В песчаных/супесчаных разновидностях в $11,2\%$ образцов отмечено среднее содержание легкогидролизуемого азота, в $22,2\%$ – повышенное, в $33,3\%$ – высокое и $33,3\%$ очень высокое. В суглинистых разновидностях в $7,7\%$ отмечено среднее содержание, в $15,4\%$ – повышенное, в $7,7\%$ – высокое и в $69,2\%$ очень высокое содержание легкогидролизуемого азота. Запас данной формы в ряду по утяжелению гранулометрии составил $85,67$ и $162,44$ кг/га соответственно, при очень высокой вариации показателя ($CV = 128,2$ и $67,4\%$). Доля легкогидролизуемого азота от общего составила $5,60\%$ для песчаных/супесчаных разновидностей ($CV = 43,4\%$) и $4,17\%$ для суглинистых разновидностей ($CV = 44,2\%$). В нижележащих горизонтах содержание легкогидролизуемого азота снижается, $71,73$ и $67,48$ мг/кг соответственно, при $CV = 48,6$ и $52,2\%$.

В гумусовых горизонтах аллювиальной серогумусовой почвы медианное содержание легкогидролизуемого азота в ряду от песчаных/супесчаных разновидностей до тяжелосуглинистых/легкоглинистых составляет $95,53$, $88,87$, $116,63$, $123,73$ мг/кг, при высоком, либо очень высоком варьировании показателя, $CV = 31,1$, $41,4$, $30,3$ и $59,82\%$ соответственно. В песчаных/супесчаных разновидностях в $5,9\%$ образцов отмечено очень низкое содержание легкогидролизуемой формы азота, в $5,9\%$ – среднее, в $11,8\%$ – повышенное, в $29,4\%$ – высокое, в $47,0\%$ – очень высокое. В легкосуглинистой разновидности низкое содержание отмечено в $7,1\%$ образцов, среднее в $7,1\%$, в $42,9\%$ – высокое, в $42,9\%$ – очень высокое. В среднесуглинистой разновидности повышенное содержание отмечено в $6,2\%$ образцов, высокое в $25,0\%$ образцов, в $68,8\%$ – очень высокое. В тяжелосуглинистых/легкоглинистых разновидностях в $6,2\%$ образцов содержание среднее, повышенное в $6,2\%$, высокое в $18,8\%$, очень высокое в $68,8\%$. Медианное значение запаса легкогидролизуемого азота составляет $132,05$, $201,33$, $263,60$ и $282,60$ кг/га, закономерно увеличиваясь с утяжеле-

нием гранулометрического состава, при очень высокой вариации показателя ($CV = 63,5, 59,8, 52,7$ и $54,0\%$ соответственно). Доля легкогидролизуемого азота от общего составила $5,01, 4,56, 3,96$ и $3,88\%$ при очень высокой вариации ($CV = 53,9, 45,8, 37,9$ и $59,8\%$ соответственно). В нижележащих горизонтах содержание легкогидролизуемого азота снижается $71,63, 81,88, 74,67$ и $91,07$ мг/кг в ряду с утяжелением гранулометрического состава, при $CV = 44,2, 29,1, 22,97$ и $30,6\%$ соответственно.

Таким образом, в аллювиальных почвах наблюдается тренд на увеличение содержания и запаса легкогидролизуемого азота с утяжелением гранулометрического состава. При этом доля данной формы азота от общего содержания, наоборот уменьшается с утяжелением гранулометрии. Показана неоднородность как содержания фракции, так и ее запаса – вариация либо высокая, либо очень высокая. В горизонтах C/Cg содержание легкогидролизуемого азота уменьшается, по сравнению с гумусовыми горизонтами, но остается на достаточно высоком уровне за счет высокой подвижности азотсодержащих соединений данной фракции.

Содержание обменного аммония является динамичным показателем, существенно зависящим от увлажнения. Единой градации обеспеченности данной формой азота нет, в среднем считается оптимальным содержание в диапазоне $5-15$ мг/кг. [7, 8]

В гумусовых горизонтах аллювиальных слоистых почв, в ряду от более лёгких к более тяжелым по гранулометрическому составу, медиана содержания обменного азота составила $11,80$ и $26,93$ мг/кг соответственно, при этом отмечена очень высокая вариабельность показателя, $CV = 90,2$ и $90,9\%$. Запас обменного аммония составил $14,07$ и $35,47$ кг/га ($CV = 122,6$ и $95,1\%$). В нижележащих горизонтах содержание обменного аммония уменьшается – $7,57$ и $9,31$ мг/кг соответственно.

Медианное содержание обменного аммония в гумусовых горизонтах аллювиальных серогумусовых почв, в ряду от песчаных/супесчаных к тя-

желосуглинистым/легкоглинистым разновидностям составляет 12,15, 15,13, 21,36 и 15,58 мг/кг, при очень высокой вариабельности показателя ($CV = 62,9, 66,6, 49,8$ и $122,3\%$). Запас обменного аммония в ряду по утяжелению гранулометрического состава равен 19,07, 32,37, 42,33 и 31,95 кг/га ($CV = 81,4, 78,6, 75,6$ и $106,6\%$). В нижележащих горизонтах содержание обменного аммония уменьшается, и равно 5,87, 8,43, 7,44 и 8,32 мг/кг, при высокой или очень высокой вариации показателя ($CV = 53,5, 41,5, 31,0$ и $38,5\%$).

В целом отмечена тенденция к увеличению как содержания, так и запаса обменного аммония в аллювиальных почвах с утяжелением гранулометрического состава, но тяжелосуглинистые/легкоглинистые разновидности аллювиальных серогумусовых почв являются исключением, и содержание и запас данной формы азота в них меньше, чем в среднесуглинистых разновидностях. Вниз по профилю почв содержание обменного аммония уменьшается.

Накопление нитратного азота в почве определяется интенсивностью процессов нитрификации, которая зависит от pH, физических свойств почвы, ее влажности. Содержание нитратного азота в почве является очень динамичным показателем, вследствие высокой подвижности нитратов [9]. Динамика нитратного азота в почве характеризуется сезонными колебаниями: низкий уровень весной, резкое повышение после внесения удобрений и снижение к лету из-за потребления растениями. Максимум нитратов обычно наблюдается в слое 0-20 см в фазу кущения [10-13].

Медианное содержание нитратного азота в гумусовых горизонтах аллювиальных слоистых почв песчаного/супесчаного состава составляет 5,55 мг/кг, для суглинистых почв содержание менее минимально определяемой величины – 2,80 мг/кг. При этом показатель очень высоковариабельный, $CV = 153,5$ и $125,1\%$ соответственно. Запас нитратного азота в ряду по утяжелению гранулометрического состава 4,35 и 3,85 кг/га, при очень

высокой вариабельности ($CV = 162,3$ и $164,6\%$). В нижележащих горизонтах содержание азота менее минимально определяемого количества.

В гумусовых горизонтах аллювиальных серогумусовых почв медианное содержание нитратного азота в ряду по утяжелению гранулометрического состава составляет $4,70$, $7,25$, $11,60$ и $10,85$ мг/кг, при очень высокой вариабельности показателя ($CV = 90,8$, $127,0$, $74,8$ и $91,5\%$). Запас нитратного азота составляет $11,55$, $14,00$, $25,85$ и $29,42$ кг/га, при $CV = 102,1$, $135,9$, $89,61$ и $103,3\%$ соответственно. В нижележащих горизонтах содержание нитратного азота уменьшается и составляет $<2,80$, $5,20$, $9,80$ и $7,85$ мг/кг в ряду по утяжелению гранулометрического состава, при очень высокой вариабельности ($CV = 72,2$, $69,4$, $68,1$ и $110,7\%$).

Содержание минеральных форм азота динамично и пространственно неоднородно. Оно зависит от целого комплекса факторов, определяемых как генетическими особенностями почвы, так и микробными сообществами, гидротермическими условиями и самим видом произрастающих культур. Факторы динамики включают влажность, деятельность микрофлоры и агротехнику [14, 15]. В работе не ставилась цель рассмотреть динамику минерального азота в аллювиальных почвах, а лишь дать некоторую общую оценку его содержания, как определенный ориентир. В.В. Огороков указывает, что «для диагностики минерального питания растений и оценки обеспеченности подвижными формами азота в Нечерноземье средне-, тяжелосуглинистых и глинистых почв необходимо учитывать лишь содержание $N-NO_3$, легко- и среднесуглинистых кроме концентрации $N-NO_3$ в год действия органических удобрений необходимо учитывать также содержание $N-NH_4$, легких песчаных и супесчаных почв – суммарное содержание $N-NO_3$ и $N-NH_4$ » [16]. Данная позиция базируется на особенностях почвенно-поглощающего комплекса почв разного гранулометрического состава, и как следствие, неравноценной доступности минеральных форм азота для растений. Учитывая летний период отбора образцов и отсутствие вне-

сения удобрений, можно говорить о следовании общей тенденции в динамике минерального азота, с минимумом в летний период, однако давать оценку обеспеченности корректнее по легкогидролизуемой форме, что было сделано выше [17].

Заключение. В гумусовых горизонтах аллювиальных почв отмечен тренд на увеличение как содержания, так и запаса общего азота с утяжелением гранулометрического состава. Аллювиальные серогумусовые почвы содержат больше общего азота и больший его запас, чем аллювиальные слоистые почвы. В аллювиальных почвах наблюдается тренд на увеличение содержания и запаса легкогидролизуемого азота с утяжелением гранулометрического состава, при одновременном уменьшении доли данной формы азота от общего содержания. Показана неоднородность как содержания фракции, так и ее запаса. Отмечена тенденция к увеличению как содержания, так и запаса обменного аммония в аллювиальных почвах с утяжелением гранулометрического состава, но тяжелосуглинистые/легкоглинистые разновидности аллювиальных серогумусовых почв являются исключением, и содержание и запас данной формы азота в них меньше, чем в среднесуглинистых разновидностях. Показана очень высокая вариабельность содержания нитратного азота в аллювиальных почвах, без выраженных связей с типом почвы и гранулометрическим составом. Отмечено, что с глубиной содержание как общего азота, так и отдельных форм существенно уменьшается вне зависимости от типа почвы и гранулометрического состава. Обеспеченность азотом (по содержанию легкогидролизуемой фракции) возрастает с утяжелением гранулометрического состава почвы не зависимо от типа почвы. Установленные зависимости могут быть использованы при разработке рекомендаций по поддержанию плодородия аллювиальных почв поймы р. Десна и диагностики минерального питания растений.

Литература

1. Управление продуктивностью естественных кормовых угодий / А.Л. Силаев, Е. В. Смольский, И. Н. Белоус, В. Ф. Шаповалов // Вестник Брянской ГСХА. – 2024. – № 1(101). – С. 3-8.
2. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / В. Г. Сычев, А. Н. Аристархов, И. В. Володарская [и др.]. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2003. – 240 с.
3. Агрохимическая оценка плодородия почв агропарка «Онтустик» / Б. У. Сулейменов, А. С. Сапаров, Г. А. Сапаров [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 1. – С. 50-61.
4. Новиков, А.А. Азот и его фракционный состав в черноземе обыкновенном Ростовской области при внесении удобрений / А. А. Новиков // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2020. – № 2(38). – С. 140-150. – DOI 10.31774/2222-1816-2020-2-140-150.
5. Еремин, Д.И. Влияние минеральных удобрений на содержание легкогидролизуемого азота и нитрификационную способность пахотного чернозема в лесостепи Зауралья / Д. И. Еремин, О. Н. Демина // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 2(167). – С. 26-32. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-2-26-32.
6. Кураченко, Н.Л. Азотный фонд агрочерноземов Канской лесостепи / Н. Л. Кураченко, Е. Ю. Казанова // Вестник Дагестанского научного центра РАН. – 2024. – № 94. – С. 52-58. – DOI 10.31029/vestdnc94/7.
7. Макаров, В.И. Связь форм аммония с агрохимическими свойствами почв в Нижневятском природно-сельскохозяйственном округе / В. И. Макаров, А. Н. Исупов // Агрохимический вестник. 2020. № 5. С. 65-70. DOI 10.24411/1029-2551_2020-10071.
8. Макаров, В.И. Содержание форм аммония в почвах и их связь с другими агрохимическими показателями / В. И. Макаров, С. И. Коконов // Пермский аграрный вестник. – 2025. – № 2(50). – С. 42-48. – DOI 10.47737/2307-2873_2025_50_42.
9. Особенности профильного и пространственного распределения нитратного азота в почвах эрозийных ландшафтов / Л. Г. Смирнова, И. И. Михайленко, Г. В. Смирнов, А. А. Кувшинова // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 5. – С. 13-17. – DOI 10.24411/0235-2451-2020-10502.
10. Гунгер, М.В. Динамика нитратного азота почвы при использовании КАС в острозасушливых условиях / М. В. Гунгер, Н. В. Абрамов // Агропродовольственная политика России. – 2023. – № 2(105). – С. 9-13. – DOI 10.35524/2227-0280_2023_02_09.
11. Ренев, Е.П. Внутрипольная и временная вариабельность нитратного азота на полях Западной Сибири / Е. П. Ренев, Д. И. Еремин // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 12(177). – С. 116-124. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-12-116-124.
12. Билтуев, А.С. Нитратный режим каштановых почв Бурятии при применении удобрений / А. С. Билтуев, Л. В. Будажапов, А. К. Уланов // Агрохимия. – 2020. – № 6. – С. 33-40. – DOI 10.31857/S0002188120060046.
13. Демина, О.Н. Влияние минеральных удобрений на динамику нитратов пахотного чернозема под пшеничным агрофитоценозом / О. Н. Демина, Д. И. Еремин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(198). – С. 15-23.
14. Изменение содержания подвижных форм азота в серых лесных почвах ополья под влиянием ландшафтных особенностей агротехнологий / В. В. Окорков, И. М. Щу-

кин, Л. А. Окоркова [и др.] // *Агрохимия*. – 2023. – № 1. – С. 13-24. – DOI 10.31857/S0002188123010088.

15. Афонина, Н.С. Содержание азота гидролизуемого в черноземе выщелоченном в течение вегетации в зависимости от влажности почвы / Н. С. Афонина, Г. А. Зайцева, О. М. Ряскова // *Наука и Образование*. – 2020. – Т. 3, № 3. – С. 265.

16. Окорков, В.В. К вопросу о равноценности питания растений нитратным и аммонийным азотом / В. В. Окорков // *Агрохимия*. – 2021. – № 12. – С. 3-14. – DOI 10.31857/S0002188121120103.

17. Гордеева, К.А. Оценка вариабельности различных форм доступного азота в пахотных черноземных почвах / К. А. Гордеева, Д. Р. Хузина // *Наука и Образование*. – 2021. – Т. 4, № 2.

References

1. Upravlenie produktivnost'ju estestvennyh kormovyh ugodij / A.L. Silaev, E. V. Smol'skij, I. N. Belous, V. F. Shapovalov // *Vestnik Brjanskoj GSHA*. – 2024. – № 1(101). – S. 3-8.

2. Metodicheskie ukazaniya po provedeniju kompleksnogo monitoringa plodorodija pochv zemel' sel'skohozjajstvennogo naznacheniya / V. G. Sychev, A. N. Aristarhov, I. V. Volodarskaja [i dr.]. – Moskva: Rossijskij nauchno-issledovatel'skij institut informacii i tekhnologicheskikh issledovanij po inzhenerno-tehnicheskomu obespecheniju agropromyshlennogo kompleksa, 2003. – 240 s.

3. Agrohimičeskaja ocenka plodorodija pochv agroparka Ontustik» / B. U. Sulejmenov, A. S. Saparov, G. A. Saparov [i dr.] // *Pochvovedenie i agrohimiya*. – 2020. – № 1. – S. 50-61.

4. Novikov, A.A. Azot i ego frakcionnyj sostav v chernozeme obyknovennom Rostovskoj oblasti pri vnesenii udobrenij / A. A. Novikov // *Nauchnyj zhurnal Rossijsko-go NII problem melioracii*. – 2020. – № 2(38). – S. 140-150. – DOI 10.31774/2222-1816-2020-2-140-150.

5. Eremin, D.I. Vlijanie mineral'nyh udobrenij na sodержanie legkogidrolizuemogo azota i nitrifikacionnuju sposobnost' pahotnogo chernozema v lesostepi Zaural'ja / D. I. Eremin, O. N. Demina // *Vestnik KrasGAU*. – 2021. – № 2(167). – S. 26-32. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-2-26-32.

6. Kurachenko, N.L. Azotnyj fond agrochernozemov Kanskoy lesostepi / N. L. Kurachenko, E. Ju. Kazanova // *Vestnik Dagestanskogo nauchnogo centra RAN*. – 2024. – № 94. – S. 52-58. – DOI 10.31029/vestdnc94/7.

7. Makarov, V.I. Svjaz' form ammonija s agrohimičeskimi svojstvami pochv v Nizhnevjatskom prirodno-sel'skohozjajstvennom okruge / V. I. Makarov, A. N. Isupov // *Agrohimičeskij vestnik*. 2020. № 5. S. 65-70. DOI 10.24411/1029-2551 2020-10071.

8. Makarov, V.I. Soderzhanie form ammonija v pochvah i ih svjaz' s drugimi agrohimičeskimi pokazateljami / V. I. Makarov, S. I. Kokonov // *Permskij agrarnyj vestnik*. – 2025. – № 2(50). – S. 42-48. – DOI 10.47737/2307-2873_2025_50_42.

9. Osobennosti profil'nogo i prostranstvennogo raspredelenija nitratnogo azota v pochvah jerozionnyh landshaftov / L. G. Smirnova, I. I. Mihajlenko, G. V. Smirnov, A. A. Kuvshinova // *Dostizhenija nauki i tekhniki APK*. – 2020. – Т. 34, № 5. – S. 13-17. – DOI 10.24411/0235-2451-2020-10502.

10. Gunger, M.V. Dinamika nitratnogo azota pochvy pri ispol'zovanii KAS v ostrozashlivykh uslovijah / M. V. Gunger, N. V. Abramov // *Agroprodovol'stvennaja politika Rossii*. – 2023. – № 2(105). – S. 9-13. – DOI 10.35524/2227-0280_2023_02_09.

11. Renev, E.P. Vnutripol'naja i vremennaja variabel'nost' nitratnogo azota na po-ljah Zapadnoj Sibiri / E. P. Renev, D. I. Eremin // Vestnik KrasGAU. – 2021. – № 12(177). – S. 116-124. – DOI 10.36718/1819-4036-2021-12-116-124.

12. Biltuev, A.S. Nitratnyj rezhim kashtanovyh pochv Burjatii pri primenenii udobrenij / A. S. Biltuev, L. V. Budazhapov, A. K. Ulanov // Agrohimiya. – 2020. – № 6. – S. 33-40. – DOI 10.31857/S0002188120060046.

13. Demina, O.N. Vlijanie mineral'nyh udobrenij na dinamiku nitratov pahotnogo chernozema pod pshenichnym agrofitocенозом / O. N. Demina, D. I. Eremin // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – № 4(198). – S. 15-23.

14. Izmenenie sodержaniya podvizhnyh form azota v seryh lesnyh pochvah opol'ja pod vlijaniem landshaftnyh osobennostej agrotehnologij / V. V. Okorkov, I. M. Shhukin, L. A. Okorkova [i dr.] // Agrohimiya. – 2023. – № 1. – S. 13-24. – DOI 10.31857/S0002188123010088.

15. Afonina, N.S. Soderzhanie azota gidrolizuemogo v chernozeme vyshhelochennom v techenie vegetacii v zavisimosti ot vlazhnosti pochvy / N. S. Afonina, G. A. Zajceva, O. M. Rjaskova // Nauka i Obrazovanie. – 2020. – T. 3, № 3. – S. 265.

16. Okorkov, V.V. K voprosu o ravnocennosti pitaniya rastenij nitratnym i ammo-nijnym azotom / V. V. Okorkov // Agrohimiya. – 2021. – № 12. – S. 3-14. – DOI 10.31857/S0002188121120103.

17. Gordeeva, K.A. Ocenka variabel'nosti razlichnyh form dostupnogo azota v pahotnyh chernozemnyh pochvah / K. A. Gordeeva, D. R. Huzina // Nauka i Obrazovanie. – 2021. – T. 4, № 2.