

УДК 631.8

DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-140-150

А. А. Новиков

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

АЗОТ И ЕГО ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ

Цель: в полевых условиях исследовать влияние систематического применения удобрений на содержание валового азота и его фракционный состав в черноземе обыкновенном Ростовской области. **Материалы и методы.** Исследования проводились в Донском зональном НИИ сельского хозяйства (более 10 лет). Объект исследований – чернозем обыкновенный карбонатный среднемощный разной степени эродированности с содержанием общего азота 0,228–0,131 %. Действие удобрений на содержание валового азота и его фракционный состав изучали в зернопаропропашном севообороте: чистый пар, озимая пшеница, озимая рожь, кукуруза на зерно, яровой ячмень, горох, озимая пшеница, кукуруза на силос, озимая пшеница, подсолнечник. Почва – чернозем обыкновенный неэродированный (общего азота 0,258 %). Система внесения удобрения: 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ кг д. в./га, повышенная система 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ кг д. в./га. Азотный фонд определяли с помощью двухступенчатого кислотного гидролиза, разделяя азотный фонд на различные агрономически ценные для питания растений группы. **Результаты:** эрозионные процессы, вызвав утрату валового азота, ухудшили и его фракционный состав (количество всех фракций упало, наибольший процент падения фракции минерального азота). Применение навоза и минеральных удобрений в средних (7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$) и особенно в повышенных дозах (11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$) увеличивает фракцию негидролизуемого азота, не участвующую в питании растений, остальные формы азота снизились. **Выводы:** установлено, что количественный и качественный состав почвенного азота чернозема обыкновенного изменяется по мере нарастания эрозионных процессов. На контроле (чернозем обыкновенный неэродированный) валовое содержание азота практически не изменилось, но произошло перераспределение в его составе различных фракций. Применение удобрений способствует трансформации с течением времени подвижных форм азота почвы и удобрений в неусвояемые для растений формы.

Ключевые слова: чернозем обыкновенный; валовой азот; азот минеральный; азот легкогидролизуемый; азот трудногидролизуемый; азот негидролизуемый; минеральные удобрения; органические удобрения.

A. A. Novikov

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

NITROGEN AND ITS FRACTIONAL COMPOSITION IN ORDINARY CHERNOZEM IN ROSTOV REGION DURING FERTILIZATION

Purpose: to study in the field the effect of the systematic fertilizers application on the content of total nitrogen and its fraction composition in ordinary chernozem of Rostov region.



Materials and Methods. Research was carried out over 10 years at Don Zonal Research Institute of Agriculture. The object of research is ordinary carbonate medium-power chernozem of varying degrees of erosion with a total nitrogen content of 0.228–0.131 %. The fertilizers influence on the content of total nitrogen and its fractional composition was studied in a grain-crop rotation: bare fallow, winter wheat, winter rye, corn for grain, spring barley, peas, winter wheat, corn for silage, winter wheat, sunflower. Soil is ordinary non-eroded chernozem (total nitrogen is 0.258 %). Fertilizer application system: 7.0 tons of manure + $N_{43}P_{30}K_{24}$ kg a. a./ha, the increased system of 11.2 tons of manure + $N_{64}P_{42}K_{42}$ kg a. a./ha. The nitrogen bulk was determined by two-stage acid hydrolysis, dividing the nitrogen bulk into various groups agronomically valuable for plant nutrition. **Results:** erosion processes, causing a total nitrogen loss, also worsened its fractional composition (the number of all fractions fell, the largest percentage of fall concerns the fraction of mineral nitrogen). The application of manure and mineral fertilizers in medium (7.0 tons of manure + $N_{43}P_{30}K_{24}$) and especially in higher doses (11.2 tons of manure + $N_{64}P_{42}K_{42}$) increases the fraction of non-hydrolyzable nitrogen, which is not involved in plant nutrition, other forms of nitrogen decreased. **Conclusions:** it was determined that the quantitative and qualitative composition of the soil nitrogen of ordinary chernozem changes as erosion processes increase. In the control (ordinary non-eroded chernozem), the total nitrogen content remained practically unchanged, but there was redistribution of various fractions in its composition. The application of fertilizers promotes the transformation of mobile forms of soil nitrogen and fertilizers over time into forms that are not digestible for plants.

Key words: ordinary chernozem; total nitrogen; mineral nitrogen; easy hydrolyzable nitrogen; hard-hydrolyzable nitrogen; non-hydrolyzable nitrogen; mineral fertilizers; organic fertilizers.

Введение. В системе биогеохимического цикла трансформация азота почвы всецело определяется процессами гумусообразования и минерализации, биохимической активностью почвы [1–3]. В свою очередь это накладывает отпечаток на природу азотных соединений почвы, которые представлены на 93–97 % органическими формами, основная часть которых входит в состав различных форм гумуса [4, 5].

Наличие валового азота в почве не указывает на обеспеченность культурных растений этим элементом, при этом важным является его качественный состав [6, 7].

Э. И. Шконде и И. К. Королёва считали целесообразным вести изучение почвенного азота с помощью двухступенчатого кислотного гидролиза [8]. В результате применения этой методики азотный фонд почвы делится на четыре группы: минеральный (аммиачный и нитратный), легкогидролизуемый (амидный, часть аминов), трудногидролизуемый (аминный, часть амидов и необменного аммония) и негидролизуемый (гумины, меланины, битумы и часть фиксированного аммония).

Агрономическую оценку различных групп азота в почве дали Э. И. Шконде и И. К. Королёва: 1) соединения, являющиеся непосредственным источником питания растений (минеральный азот); 2) соединения, составляющие ближайший резерв для питания растений (легкогидролизуемый и отчасти трудногидролизуемый); 3) потенциальные запасы азота (часть трудногидролизуемого и негидролизуемый) [8].

В значительной степени формы азота в почве зависят от их генетических особенностей, гранулометрического состава, запасов гумуса, применяемой системы удобрений.

В итоге экологическое состояние этого круговорота определяет накопление в почве не только подвижных соединений минерального азота, которые служат непосредственным источником питания растений, но и форм азота, являющихся ближайшим и отдаленным резервом.

Материалы и методы. Опытные работы осуществляли на полях Донского ЗНИИСХ (более 10 лет). Закладка и проведение опытов проводились под руководством И. М. Шапошниковой. Объект исследования – чернозем обыкновенный карбонатный среднемошный легкоглинистый. Типичное значение валового азота в пахотном горизонте составляет величину 0,228–0,250 %. Климатические условия территории проведения исследований характеризуются длительным жарким летом и относительно холодной зимой. Агротехнические условия соответствуют зональным рекомендациям для Ростовской области.

Изучали две системы удобрения (7 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ кг д. в./га; 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ кг д. в./га) и контроль без удобрения в севообороте: чистый пар, озимая пшеница, озимая рожь, кукуруза на зерно, яровой ячмень, горох, озимая пшеница, кукуруза на силос, озимая пшеница, подсолнечник. Содержание валового азота определяли по ГОСТ 26107-84 при мокром озолении серной кислотой с добавлением перекиси водорода на автоанализаторе Technikon, фракционный состав азота по методу Э. И. Шконде, И. Е. Королёвой [7, 9].

Результаты и обсуждения. Количественный и качественный состав почвенного азота изменяется по мере нарастания эрозионных процессов, но в меньшей степени, чем трансформируется органическое вещество, что можно связать с экологическими особенностями – пониженной способностью органического вещества к минерализации эродированной почвы.

В горизонте $A_{\text{п}}$ чернозема обыкновенного незэродированного валового азота имелось 0,228 %, в горизонте А – меньше на 9 %, в B_1 – на 18 % и в B_2 – на 38 % (таблица 1).

Таблица 1 – Фракционный состав азота чернозема обыкновенного разной степени эродированности
В числителе – мг/100 г почвы, в знаменателе – % от валового

Горизонт	Азот				
	валовой, %	минеральный	легкогидролизуемый	трудногидролизуемый	негидролизуемый
Незэродированный					
$A_{\text{п}}$	0,228	$\frac{7,1}{3,1}$	$\frac{18,5}{8,1}$	$\frac{29,6}{13,0}$	$\frac{172,8}{75,8}$
А	0,208	$\frac{5,4}{2,6}$	$\frac{17,1}{8,2}$	$\frac{27,4}{13,2}$	$\frac{158,1}{76,0}$
B_1	0,187	$\frac{3,7}{2,0}$	$\frac{13,7}{7,3}$	$\frac{25,8}{13,8}$	$\frac{143,8}{76,9}$
B_2	0,142	$\frac{1,7}{1,2}$	$\frac{9,0}{6,3}$	$\frac{22,0}{15,5}$	$\frac{109,3}{77,0}$
Слабозэродированный					
$A_{\text{п}}$	0,194	$\frac{5,4}{2,8}$	$\frac{14,6}{7,5}$	$\frac{26,0}{13,4}$	$\frac{148,0}{76,3}$
B_1	0,184	$\frac{3,9}{2,1}$	$\frac{13,1}{7,1}$	$\frac{25,2}{13,7}$	$\frac{141,8}{77,1}$
B_2	0,136	$\frac{1,6}{1,2}$	$\frac{8,0}{5,9}$	$\frac{19,7}{14,5}$	$\frac{106,7}{78,4}$
Сильнозэродированный					
$AB_{\text{п}}$	0,131	$\frac{3,1}{2,4}$	$\frac{9,0}{6,9}$	$\frac{20,2}{15,4}$	$\frac{98,7}{75,3}$

В пахотном горизонте слабозэродированной разновидности содержание его снижалось на 15 %, что в значительной степени можно объяснить потерей горизонта А и частично B_1 . В нижележащих горизонтах B_1 и B_2 , не затронутых эрозионными процессами, количество валового азота практически такое же, как и в незэродированной почве.

Сильнозэродированная почва в результате утраты горизонтов А, B_1 и

B_2 и вовлечения части нижележащих горизонтов в пахотный слой содержала валового азота на 43 % меньше, чем неэродированная.

Эрозионные процессы, вызвав утрату валового азота в пахотном слое, ухудшили и его фракционный состав – количество всех фракций упало. При этом наибольшим оказался процент падения фракции минерального азота обеих разновидностей (24–56).

Процент снижения количества легко- и трудногидролизуемого азота в слабоэродированной почве равен 21 и 12 %, соответственно степень уменьшения количества негидролизуемого азота составила от 172,8 до 148,0 мг/100 г. При утрате значительной части почвенного покрова и, соответственно, способности почвы к минерализации азотных компонентов сильноэродированная почва имеет больший процент снижения содержания всех фракций.

Доля легкогидролизуемого азота, особенно минерального, в составе $N_{\text{вал}}$ в пахотном слое эродированных почв снижается (рисунок 1).

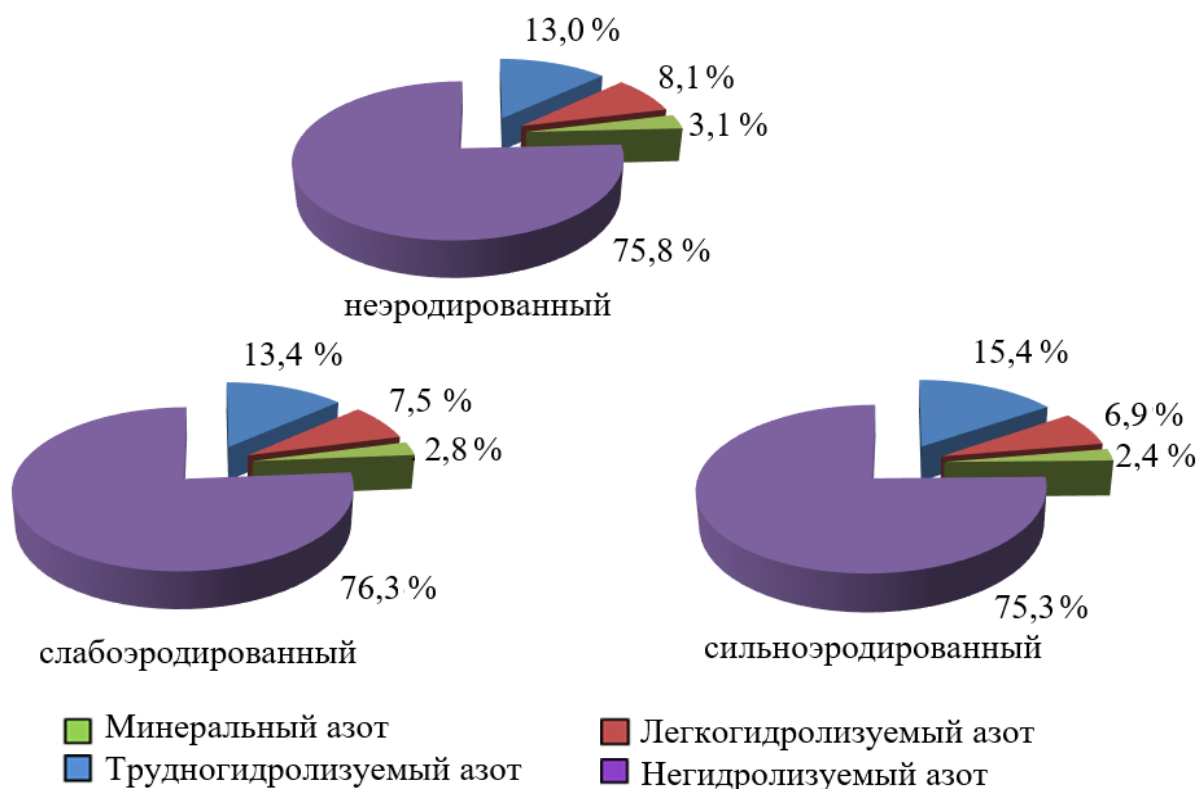


Рисунок 1 – Качественный состав азота в черноземе обыкновенном разной степени эродированности

Доля трудногидролизуемого азота имеет тенденцию к увеличению, указывая на снижение подвижности органических форм азота, доля негидролизуемого азота практически не изменяется.

Таким образом, полученные данные указывают на деградацию азотного фонда чернозема обыкновенного и ее направления процессов по мере нарастания эродированности почвы: ухудшается качественный состав его в результате большего падения содержания легкодоступных и потенциальных для питания растений форм фракций и в верхнем, и в нижележащих горизонтах.

Влияние удобрений на содержание валового азота в почве неоднозначно [10–13]. Исследования показывают, что применение удобрений улучшает азотное состояние почв, способствует накоплению различных его форм [14–16].

Нашими исследованиями, посвященными влиянию длительного систематического применения удобрений на содержание валового азота и его фракционный состав в черноземе обыкновенном, установлено, что на контроле, где удобрения не применялись более 10 лет, валовое его содержание практически не изменилось, но произошло перераспределение в его составе различных фракций (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние длительного применения удобрений на содержание валового азота и его фракционный состав в слое 0–30 см чернозема обыкновенного

Азот				
валовой, %	минеральный, мг/100 г	легкогидролизуемый, мг/100 г	трудногидролизуемый, мг/100 г	негидролизуемый, мг/100 г
Исходная почва				
0,258	6,7	19,6	40,6	191,1
Контроль через 10 лет				
0,257	1,7	15,1	29,2	210,9
7,0 т навоза + N ₄₃ P ₃₀ K ₂₄				
0,257	3,1	14,8	30,9	208,2
11,2 т навоза + N ₆₄ P ₄₂ K ₄₂				
0,264	3,6	15,1	29,7	215,6
НСР ₀₅	0,1	0,2	1,7	4,4

Количество минерального азота за 10 лет сократилось весьма существенно: в исходном состоянии его было 6,7 мг/100 г почвы, через 10 лет – в 4 раза меньше, что свидетельствует о снижении нитрификационной способности почвы вследствие уменьшения запасов органического вещества, ухудшения его качественного состава, потерь в пару, под пропашными и другими культурами, вымывания и денитрификации.

В составе фракций больше уменьшались фракции трудно- и легкогидролизуемого азота. Содержание фракции негидролизуемого азота несколько увеличилось (на 10 %). Степень гидролизруемости органических азотсодержащих компонентов упала с 23 до 17 %.

Доля фракций в составе $N_{вал}$ перед закладкой опыта составила: минерального – 2,6 %, легкогидролизуемого – 7,6 %, трудногидролизуемого – 15,7 %, негидролизуемого – 74,1 %. Через 10 лет эти показатели, кроме негидролизуемого азота, уменьшились соответственно до 0,6; 5,9; 11,4 %, доля негидролизуемого азота увеличилась до 82,1 % (рисунок 2).

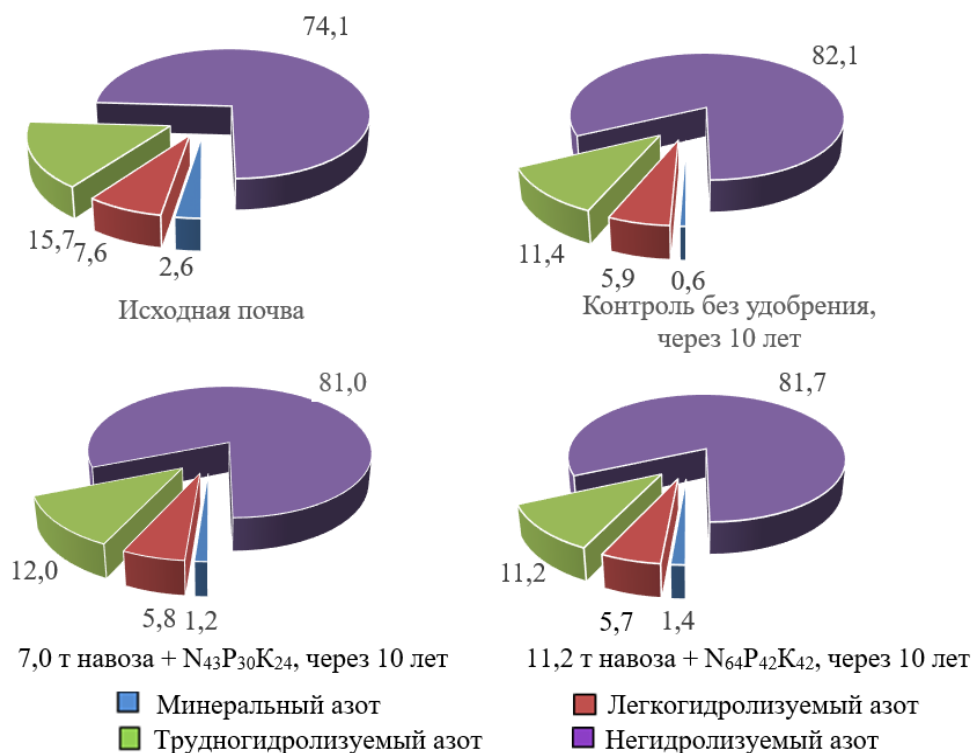


Рисунок 2 – Изменение фракционного состава азота в слое 0–30 см чернозема обыкновенного при длительном применении удобрений, % от валового

Поступление азота в составе 7,0 т навоза и минеральных удобрений $N_{43}P_{30}K_{24}$ кг д. в./га в среднем за 10 лет не обеспечивало повышение количества валового азота в почве. Доля фракции негидролизуемого азота, практически не участвующей в питании сельскохозяйственных культур, возросла от 74,1 % при закладке опыта до 81,0 %. Всех остальных фракций азота в разной степени стало меньше.

Содержание валового азота при внесении удобрений в повышенной дозе (11,2 навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ кг д. в./га) имело тенденцию к увеличению при росте негидролизуемой фракции на 13 %. Количество минерального азота относительно исходного содержания снизилось практически в 2 раза, легкогидролизуемого и трудногидролизуемого – на 23 и 27 %. Низкой осталась степень гидролизуемости органических азотсодержащих веществ – 17 %.

Полученные данные свидетельствуют о трансформации с течением времени подвижных форм азота почвы и удобрений в неусвояемые для растений формы.

Выводы

1 Количественный и качественный состав почвенного азота изменяется по мере нарастания эрозионных процессов, что связано с экологическими особенностями – пониженной способностью органического вещества к минерализации эродированной почвы.

2 Эрозионные процессы вызывают утрату валового азота в пахотном слое, ухудшают и его фракционный состав: количество всех фракций падает, наибольшим оказался процент падения фракции минерального азота обеих разновидностей (24–56).

3 В черноземе обыкновенном неэродированном за 10 лет валовое содержание азота не изменилось.

4 Содержание минерального азота снизилось в 4 раза, в составе гидролизуемых фракций больше всего уменьшились фракции трудногидролизуемого азота (на 28 %) и легкогидролизуемого (на 23 %), количество негидролизуемого азота несколько увеличилось (на 10 %).

5 Действие удобрений на фракционный состав азота оказалось неоднозначным: в процессе сельскохозяйственного использования азот почвы из трудно- в легкогидролизуемые формы трансформируется медленнее, чем извлекается из почвы культурными растениями, теряется в результате негативных почвенных преобразований.

Список использованных источников

- 1 Адерихин, П. Г. Азот в почвах Центрально-Черноземной полосы / П. Г. Адерихин, А. П. Щербаков. – Воронеж, 1974. – 170 с.
- 2 Parton, W. J. Dynamics of C, N, P and S in grassland soil: A model / W. J. Parton, J. W. Stewart, C. V. Cole // *Biogeochemistry*. – 1988. – Vol. 5, № 1. – P. 109–131.
- 3 Новиков, А. А. Органическое вещество и его значение в почвенном плодородии / А. А. Новиков. – Новочеркасск, 1999. – 89 с.
- 4 Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – М.: Наука, 1980. – 287 с.
- 5 A novel ¹⁵N tracer model reveals: Plant nitrate uptake governs nitrogen transformation rates in agricultural soils / E. Inselsbacher, W. Wanek, J. Strauss, S. Zechmeister-Boltenstern, C. Müller // *Soil Biology and Biochemistry*. – 2013. – Vol. 57. – P. 301–310. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.10.010>.
- 6 Фрунзе, Н. И. Фракционный состав азота почвы и его запасы / Н. И. Фрунзе // *Агрохимия*. – 2015. – № 8. – С. 23–31.
- 7 Andrieg, S. *Agrochimia elementelor nutritive. Fertilitatea ecologica solurilor* / S. Andrieg. – Chisinau: Pontos, 2011. – 230 p.
- 8 Шконде, Э. И. О природе и подвижности почвенного азота / Э. И. Шконде, И. Е. Королёва // *Агрохимия*. – 1964. – № 10. – С. 17–36.
- 9 ГОСТ 26107-84. Почвы. Методы определения общего азота. – Введ. 1985-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 8 с.
- 10 Щербаков, А. П. Трансформация азота почвы и удобрений в зависимости от кислотности чернозема выщелоченного / А. П. Щербаков, Е. В. Надежкина, С. М. Надежкин // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 2003. – № 3. – С. 18–21.
- 11 Шустикова, Е. П. Азотный режим чернозема обыкновенного и продуктивность сельскохозяйственных культур в последствии различных доз азотных удобрений / Е. П. Шустикова, Н. Н. Шаповалова // *Агрохимия*. – 2014. – № 2. – С. 20–25.
- 12 Назарюк, В. М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах / В. М. Назарюк. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 257 с.
- 13 Завьялова, Н. Е. Влияние севооборотов и бессменных посевов на агрохимические свойства и азотный режим дерново-подзолистой почвы Предуралья / Н. Е. Завьялова, Д. С. Фомин, И. С. Тетерлев // *Агрохимия*. – 2019. – № 1. – С. 5–10.
- 14 Accumulation of soil ammonium-N nitrate-N following 20 years of continuous wheat production in four long-term soil fertility experiments / R. Z. Westerman, R. K. Bowman, W. R. Raun, G. V. Johnson // *Amer. Soc. Agron. Annu. Meet.* – Minneapolis, 1992. – P. 295.
- 15 Новиков, А. А. Формирование азотного фонда основных подтипов черноземов юга России / А. А. Новиков // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]*. – 2012. – № 78(04). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/35.pdf>.

16 Новиков, А. А. Равновесное состояние азота в системе почва – растение / А. А. Новиков, Е. Ю. Кривоконева // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2007. – Вып. 4(8). – С. 124–126.

References

1 Aderikhin P.G., Shcherbakov A.P., 1974. *Azot v pochvakh Tsentral'no-Chernozemnoy polosy* [Nitrogen in the Soils of the Central Black Earth region]. Voronezh, 170 p. (In Russian).

2 Parton W.J., Stewart J.W., Cole C.V., 1988. Dynamics of C, N, P and S in grassland soil: A model. *Biogeochemistry*, vol. 5, no. 1, pp. 109-131.

3 Novikov A.A., 1999. *Organicheskoe veshchestvo i ego znachenie v pochvennom plodorodii* [Organic Matter and Its Importance in Soil Fertility]. Novocherkassk, 89 p. (In Russian).

4 Alexandrova L.N., 1980. *Organicheskoe veshchestvo pochvy i protsessy ego transformatsii* [Soil Organic Matter and Its Transformation Processes]. Moscow, Nauka Publ., 287 p. (In Russian).

5 Inselsbacher E., Wanek W., Strauss J., Zechmeister-Boltenstern S., Muller C., 2013. A novel ¹⁵N tracer model reveals: Plant nitrate uptake governs nitrogen transformation rates in agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 57, pp. 301-310, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.10.010>.

6 Frunze N.I., 2015. *Fraktsionnyy sostav azota pochvy i ego zapasy* [Fractional Composition of Soil Nitrogen and Its Reserves]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 8, pp. 23-31. (In Russian).

7 Andrieg S., 2011. *Agrochimia elementelor nutritive. Fertilitatea ecologia solurilor*. Chisinau, Pontos Publ., 230 p.

8 Shkonde E.I., Koroleva I.E., 1964. *O prirode i podvizhnosti pochvennogo azota* [On the Nature and Mobility of Soil Nitrogen]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 10, pp. 17-36. (In Russian).

9 GOST 26107-84. *Pochvy. Metody opredeleniya obshchego azota* [The Soil. Methods for Determining Total Nitrogen]. Moscow, Publ. of Standards, 1984, 8 p. (In Russian).

10 Shcherbakov A.P., Nadezhkina E.V., Nadezhkin S.M., 2003. *Transformatsiya azota pochvy i udobreniy v zavisimosti ot kislotnosti chernozema vyshchelochennogo* [Transformation of soil nitrogen and fertilizers depending on the acidity of leached chernozem]. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences], no. 3, pp. 18-21. (In Russian).

11 Shustikova E.P., Shapovalova N.N., 2014. *Azotnyy rezhim chernozema obyknovennogo i produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v posledeystvii razlichnykh doz azotnykh udobreniy* [Nitrogen regime of ordinary chernozem and crop productivity in the aftermath of various doses of nitrogen fertilizers]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 2, pp. 20-25. (In Russian).

12 Nazaryuk V.M., 2002. *Balans i transformatsiya azota v agroekosistemakh* [Balance and Nitrogen Transformation in Agroecosystems]. Novosibirsk, SB RAS Publ., 257 p. (In Russian).

13 Zav'yalova N.E., Fomin D.S., Teterlev I.S., 2019. *Vliyanie sevooborotov i bessmennykh posevov na agrokhimicheskie svoystva i azotnyy rezhim dernovo-podzolistoy pochvy Predural'ya* [Effect of crop rotation and permanent crops on the agrochemical properties and nitrogen regime of sod-podzolic soil of the Urals]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 1, pp. 5-10. (In Russian).

14 Westerman R.Z., Boman R.K., Raun W.R., Johnson G.V., 1992. Accumulation of soil ammonium-N nitrate-N following 20 years of continuous wheat production in four long-term soil fertility experiments. *Amer. Soc. Agron. Annu. Meet.*, Minneapolis, p. 295.

15 Novikov A.A., 2012. *Formirovanie azotnogo fonda osnovnykh podtipov chernozemov yuga Rossii* [Nitrogen bulk formation for the subtypes of chernozems in the South of Russia]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University], no. 78(04), available: <http://ej.kubagro.ru/2012/04/pdf/35.pdf>. (In Russian).

16 Novikov A.A., Krivokoneva E.Yu., 2007. *Ravnovesnoe sostoyanie azota v sisteme pochva – rastenie* [The equilibrium state of nitrogen in the soil-plant system]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proc. of Kuban State Agrarian University], iss. 4(8), pp. 124-126. (In Russian).

Новиков Алексей Алексеевич

Ученая степень: доктор сельскохозяйственных наук

Ученое звание: профессор

Должность: профессор

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: al.al.novikov@gmail.com

Novikov Aleksey Alekseyevich

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Title: Professor

Position: Professor

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: al.al.novikov@gmail.com