А. А. Новиков

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

БАЛАНС АЗОТА В СЕВООБОРОТАХ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Цель: путем балансовых расчетов установить возможность сохранения азотного фонда чернозема обыкновенного Ростовской области без удобрений и при их внесении в севооборотах с чистым паром и без него, с различным количеством бобовых многолетних трав и небольшим колебанием количества других культур, неодинаковой их урожайностью. **Материалы и методы.** Исследования проводились в Донском зональном НИИ сельского хозяйства (более 10 лет). Объект исследований – чернозем обыкновенный среднемощный легкоголистый. Баланс азота рассчитывали в зернопаропропашном севообороте: чистый пар, озимая пшеница, озимая рожь, кукуруза на зерно, яровой ячмень, горох, озимая пшеница, кукуруза на силос, озимая пшеница, подсолнечник. Система внесения удобрения: 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ на 1 га, повышенная система 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ на 1 га. Для решения поставленной задачи баланс азота определяли с учетом выноса его культурами севооборота и поступления: с удобрениями, атмосферными осадками, посевным материалом, за счет несимбиотической и симбиотической азотфиксации бобовыми культурами (люцерной и горохом). Количество азота, фиксированного свободно живущими микроорганизмами, оценивалось с учетом массы пожнивно-корневых остатков по уравнениям, составленным нами ранее. **Результаты:** в результате применение навоза и минеральных удобрений в средних дозах (7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$) не компенсировало вынос азота. Отрицательный баланс сохранялся (минус 3,4 кг/га). Удобрения в дозе 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ полностью ликвидировали недостаток азота, превышение приходной части баланса над расходной составило 16,0 кг/га. **Выводы:** установлено, что для восполнения выноса азота из почвы в пределах 50–109,5 кг/га, предотвращения загрязнения окружающей среды необходимо в зависимости от конструкции севооборотов на фоне навоза внесение 27–45 кг/га азотных удобрений.

Ключевые слова: чернозем обыкновенный; севооборот; сельскохозяйственные культуры; баланс азота; минеральные удобрения; органические удобрения.

A. A. Novikov

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

NITROGEN BALANCE IN CROP ROTATIONS OF DIFFERENT DESIGN ON ORDINARY CHERNOZEMS OF ROSTOV REGION

Aim: the purpose of the work is to determine by means of balance calculations the possibility of preserving the nitrogen stock of ordinary chernozem in Rostov Region without fertilizers, and their introduction in crop rotation with bare fallow and without it, with a dif-

ferent number of perennial leguminous herbs and a slight fluctuation of number of other crops and their different productivity. **Material and Method.** Research was conducted at Don Zonal Research Institute of Agriculture (over 10 years). The object of research is ordinary medium-power light clayey chernozem. The nitrogen balance was calculated in a grain-fallow-rare crop rotation: bare fallow, winter wheat, winter rye, corn for grain, spring barley, peas, winter wheat, maize for silage, winter wheat, sunflower. Fertilizer application system is 7.0 tons of manure + $N_{43}P_{30}K_{24}$ per 1 ha, increased system of 11.2 tons of manure + $N_{64}P_{42}K_{42}$ per 1 ha. To solve this problem the nitrogen balance was determined taking into account its crop removal and crop rotation: with fertilizers, precipitation, seed grain due to non-symbiotic and symbiotic nitrogen fixation by legumes (alfalfa and peas). The amount of nitrogen fixed by free-living microorganisms was estimated taking into account the mass of crop-root residues by the equations compiled earlier. **Results:** as a result the use of manure and mineral fertilizers in medium doses (7.0 tons of manure + $N_{43}P_{30}K_{24}$) did not compensate for the nitrogen removal. A negative balance was maintained (minus 3.4 kg per ha). Fertilizers in a dose of 11.2 tons of manure + $N_{64}P_{42}K_{42}$ completely eliminated the lack of nitrogen, the excess of the incoming part of the balance over the expenditure was 16.0 kg per ha. **Conclusion:** it was found that to replenish the removal of nitrogen from the soil within 50–109.5 kg per ha and to prevent environmental pollution, it is necessary to apply 27–45 kg per ha of nitrogen fertilizers depending on the design of crop rotation against the background of manure.

Key words: ordinary chernozem; crop rotation; crops; nitrogen balance; mineral fertilizers; organic fertilizers.

Введение. Пищевой режим почвы – один из важнейших показателей ее эффективного плодородия [1]. Сельскохозяйственные культуры, обладая различными биологическими свойствами, по-разному оказывают влияние на свойства почвы, в особенности на содержание и трансформацию азотных компонентов [2–4].

Научно обоснованное чередование культур в агроценозах позволяет создать наиболее благоприятные условия для каждого вида растений и обеспечить при правильной системе удобрения, обработке почвы и других агротехнических приемах получение высоких урожаев, сохранение и повышение плодородия почвы [5–7].

Видовой состав растений природных биоценозов, их размещение и общая биомасса соответствуют плодородию и биопродуктивности целинных почв. В агроценозах биопродуктивность зависит от особенностей возделываемых растений [8]. Баланс азота, служащий основой для составления рациональной экологически сбалансированной системы удобрения, рассчитан нами в севообороте стационара, где изучался азотный режим почвы, и в севооборотах различной конструкции [9].

Таким образом, цель данной работы – путем балансовых расчетов установить возможность сохранения азотного фонда чернозема обыкновенного Ростовской области без удобрений и при их внесении в севооборотах с чистым паром и без него, с различным количеством бобовых многолетних трав и небольшим колебанием количества других культур, неодинаковой их урожайностью.

Материалы и методы. Исследования проводили на опытных полях Донского ЗНИИСХ (более 10 лет). Опыты закладывались и проводились под руководством И. М. Шапошниковой. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднемощный легкоглинистый. Типичное значение валового азота в пахотном горизонте составляет величину 0,25 %. Климатические условия территории проведения исследований характеризуются длительным летом и относительно холодной зимой. Агротехнические условия типичные для приазовской зоны Ростовской области.

Баланс азота определяли по методике Почвенного института им. В. В. Докучаева с учетом выноса его культурами севооборота и поступления: с удобрениями, атмосферными осадками, посевным материалом, за счет несимбиотической и симбиотической азотфиксации люцерной и горохом, ранее определенных в конкретных условиях. Расчет количества азота, фиксированного свободно живущими микроорганизмами, проводился по методу И. В. Тюрина с учетом массы пожнивно-корневых остатков [10].

Баланс азота рассчитывали в севообороте при чередовании культур: пар чистый, пшеница озимая, рожь озимая, кукуруза на зерно, ячмень яровой, горох, пшеница озимая, кукуруза на силос, пшеница озимая, подсолнечник – с использованием системы внесения удобрений: 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ на 1 га, повышенная доза 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ на 1 га, и в севооборотах различной конструкции [5, 11, 12].

Схема севооборота 1 включает: 10 % чистого пара, 10 % гороха, 50 % колосовых, 30 % пропашных. Система внесения удобрений включает:

1 – без удобрения; 1_а – 7,3 т навоза; 1_б – 7,3 т навоза + 27 кг д. в. азотных удобрений ($K_{исп} = 0,85$).

Схема севооборота 2 включает: 20 % чистого пара, 20 % люцерны, 20 % пропашных, 40 % колосовых. Система внесения удобрений включает: 2 – без удобрения; 2_а – 3,8 т навоза; 2_б – 3,8 т навоза + 42 кг д. в. азотных удобрений ($K_{исп} = 0,85$).

Схема севооборота 3 включает: 20 % чистого пара, 20 % люцерны, 20 % пропашных, 40 % колосовых. Система внесения удобрений включает: 3 – без удобрения; 3_а – 3,8 т навоза; 3_б – 3,8 т навоза + 42 кг д. в. азотных удобрений ($K_{исп} = 0,85$).

Схема севооборота 4 включает: 10 % гороха, 30 % пропашных, 60 % колосовых. Система внесения удобрений включает: 4 – без удобрения; 4_а – 2,0 т навоза; 4_б – 2,0 т навоза + 26 кг д. в. азотных удобрений ($K_{исп} = 0,85$).

Схема севооборота 5 включает: 10 % гороха, 20 % люцерны, 30 % пропашных, 40 % колосовых. Система внесения удобрений включает: 5, 5_а – без удобрения; 5_б – 40 кг д. в. азотных удобрений ($K_{исп} = 0,85$).

Результаты и обсуждения. В стационаре в контрольном варианте без удобрения вынос азота с основной и побочной продукцией сельскохозяйственных культур составил 73,5 кг д. в./га (далее – кг/га) (таблица 1).

Таблица 1 – Баланс азота в зернопаропропашном севообороте при длительном внесении удобрений

Показатель	Без удобрения	В кг д. в./га	
		7,0 т навоза + N ₄₃ P ₃₀ K ₂₄	11,2 т навоза + N ₆₄ P ₄₂ K ₄₂
Вынос с урожаем	73,5	96,1	116,4
Поступление: с навозом	–	31,5	50,4
минеральными удобрениями	–	36,6	54,4
семенами и осадками	7,5	7,5	7,5
фиксированный симбиотически	3,8	5,0	7,3
фиксированный несимбиотически	11,2	12,1	12,8
Всего поступлений	22,5	92,7	132,4
Баланс	–51,0	–3,4	+16,0
Интенсивность баланса, %	30,6	96,5	113,7
Емкость баланса	96,0	188,8	248,8

Отчуждение азота с урожаем основной и побочной продукции значительно выше, чем поступление с посевным материалом, осадками, за счет симбиотической и несимбиотической фиксации. Баланс азота в севообороте в этом варианте отрицательный. Дефицит его достигал 51,0 кг д. в./га.

Внесение 7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$ на 1 га площади севооборота увеличивало вынос азота на 31 % (до 96,1 кг/га), доза 11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$ — еще на 21 % (до 116,4 кг/га). Поступление азота с органическими удобрениями (с учетом коэффициентов использования) составляло при средней дозе 31,5 кг/га, при повышенной — 50,4 кг/га, с минеральными — соответственно 36,6 и 54,4 кг/га. Суммарное поступление симбиотически и несимбиотически фиксированного азота повышалось от 15,0 кг/га на естественном фоне до 17,1–20,1 кг/га при внесении удобрений.

Применение навоза и минеральных удобрений в средних дозах (7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$) не компенсировало вынос азота. Отрицательный баланс сохранялся (минус 3,4 кг/га), но дефицит сокращался в 15 раз. Удобрения в повышенной дозе (11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$) полностью ликвидировали недостаток азота, превышение приходной части баланса над расходной составляло 16,0 кг/га.

Данные по интенсивности баланса (отношению приходных статей к расходным) свидетельствуют об отсутствии восполнения азота на естественном фоне и в варианте со средними дозами удобрений, и только повышенные дозы обеспечили интенсивность баланса, равную 113,7 %. Емкость баланса, характеризующая массу вовлекаемого в круговорот азота, увеличивалась в вариантах с удобрениями по сравнению с контролем соответственно на 97 и 159 %.

На основании многолетних материалов по урожайности основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур, количеству растительных остатков, содержанию в них азота нами путем балансовых расчетов показана возможность сохранения азотного фонда чернозема обыкно-

венного Ростовской области без удобрений в севооборотах с чистым паром и без него, с бобовым и небольшим колебанием доли других культур.

В севообороте 1, в структуре которого 10 % чистого пара и гороха, 50 % колосовых и 30 % пропашных культур, без применения удобрений вынос азота растениями составил 70,9 кг/га, поступление его с семенами и осадками, за счет симбиотической и несимбиотической фиксации – 19,5 кг/га (таблица 2). Баланс здесь сложился отрицательный с дефицитом 51,4 кг/га.

Таблица 2 – Баланс азота в севообороте 1 с чистым паром без люцерны
В кг/га

Показатель	10 % чистого пара, гороха, 50 % колосовых, 30 % пропашных		
	1	1 _а	1 _б
Вынос с урожаем	70,9	73,2	75,3
Поступление: с навозом	-	32,8	32,8
минеральными удобрениями	-	-	22,9
семенами и осадками	7,2	7,2	7,2
фиксированный симбиотически	2,8	2,8	2,8
фиксированный несимбиотически	9,5	9,6	9,6
Всего поступлений	19,5	52,4	75,3
Баланс	-51,4	-20,8	0
Интенсивность баланса, %	27,5	71,6	100,0
Емкость баланса	90,3	125,6	150,6
Примечание – 1 – без удобрения; 1 _а – 7,3 т навоза на 1 га площади; 1 _б – 7,3 т навоза + 27 кг д. в. азотных удобрений.			

Поступление 32,8 кг азота с 7,3 т навоза (севооборот 1_а), 19,6 кг/га с семенами, осадками, благодаря симбиотической и несимбиотической фиксации не создавало положительный баланс азота, но сокращало его до минус 20,8 кг/га. Бездефицитный баланс достигался дополнительным внесением в среднем по севообороту 22,9 кг/га (с учетом коэффициента использования) азотных удобрений в севообороте 1_б.

При введении в севооборот 2 посевов люцерны на 20 % площади, такой же доле чистого пара и пропашных культур, 40 % колосовых вынос азота повысился от 70,9 до 76,0 кг/га (таблица 3).

Поступление азота в почву за счет биологической фиксации увеличивалось от 12,3 до 21,5 кг/га. Баланс азота на естественном фоне

без удобрения, несмотря на фиксацию азота люцерной из воздуха, отрицательный (минус 48,5 кг/га). Восполнение азота – 36,2 %.

Таблица 3 – Баланс азота в севообороте 2 с чистым паром и люцерной
В кг/га

Показатель	20 % чистого пара, люцерны, пропашных, 40 % колосовых		
	2	2 _а	2 _б
Вынос с урожаем	76,0	77,4	79,4
Поступление: с навозом	-	17,2	16,2
минеральными удобрениями	-	-	35,7
семенами и осадками	6,0	6,0	6,0
фиксированный симбиотически	10,5	10,5	10,5
фиксированный несимбиотически	11,0	11,0	11,0
Всего поступлений	27,5	44,8	79,4
Баланс	-48,5	-32,6	0
Интенсивность баланса, %	36,2	57,9	100
Емкость баланса	103,5	122,2	158,8
Примечание – 2 – без удобрения; 2 _а – 3,8 т навоза; 2 _б – 3,8 т навоза + 42 кг д. в. азотных удобрений.			

Поступление почти в два раза меньшей дозы азота с навозом (севооборот 2_а), чем в севообороте 1_а (17,1 кг/га), увеличивало по отношению к контрольному варианту приходную часть баланса в 1,6 раза и сокращало дефицит азота в 1,5 раза. Бездефицитный баланс достигался применением азотных удобрений в подкормку озимой пшеницы после кукурузы в дозе 42,0 кг/га.

Интенсивность баланса на естественном фоне низкая (36,2 %), емкость – 103,5 кг/га. Вовлечение в кругооборот азота с навозом увеличивало его емкость всего на 18 %, с дополнительным внесением азотных удобрений – на 53 %.

В севообороте 3 аналогичной конструкции недостаток азота на естественном фоне был на 38 % выше, чем в севообороте 2, составив 67,0 кг/га, за счет большего выноса, хотя в приходной части баланса и возросло количество биологически фиксированного люцерной азота. За счет этого достигнута повышенная продуктивность (таблица 4).

Внесение в севообороте 7,5 т навоза (3_а), которое привносило 33,8 кг/га азота, улучшало приходную составляющую баланса азота,

но положительного не обеспечило. Только внесение 45 кг/га азотных удобрений, что в действующем веществе составляет 38,2 кг/га, обеспечило его восполнение на фоне навоза.

Таблица 4 – Баланс азота в севообороте 3 с чистым паром и люцерной при повышенной продуктивности

В кг/га

Показатель	20 % чистого пара, люцерны, пропашных, 40 % колосовых		
	3	3 _а	3 _б
Вынос с урожаем	104,3	107,0	109,5
Поступление: с навозом	-	33,8	33,8
минеральными удобрениями	-	-	38,2
семенами и осадками	6,0	6,0	6,0
фиксированный симбиотически	18,4	18,4	18,4
фиксированный несимбиотически	12,9	13,1	13,2
Всего поступлений	37,6	71,3	109,6
Баланс	-67,0	-35,7	+0,1
Интенсивность баланса, %	35,8	66,6	100,1
Емкость баланса	141,6	178,3	219,1
Примечание – 3 – без удобрения; 3 _а – 7,5 т навоза; 3 _б – 7,5 т навоза + 45 кг д. в. азотных удобрений.			

В севообороте 4 без чистого пара и люцерны, с одним полем гороха вынос азота составил 49,9 кг/га (таблица 5).

Таблица 5 – Баланс азота в севообороте 4 без чистого пара и люцерны

В кг/га

Показатель	10 % гороха, 30 % пропашных, 60 % колосовых		
	4	4 _а	4 _б
Вынос с урожаем	49,9	50,5	51,1
Поступление: с навозом	-	9,0	9,0
минеральными удобрениями	-	-	22,1
семенами и осадками	7,7	7,7	7,7
фиксированный симбиотически	2,8	2,8	2,8
фиксированный несимбиотически	9,8	9,9	9,9
Всего поступлений	20,3	29,4	51,5
Баланс	-29,6	-21,1	+0,4
Интенсивность баланса, %	40,7	58,2	101,8
Емкость баланса	70,2	79,9	102,6
Примечание – 4 – без удобрения; 4 _а – 2,0 т навоза; 4 _б – 2,0 т навоза + 26 кг д. в. азотных удобрений.			

В этом севообороте резко сокращалось восполнение азота за счет биологической фиксации горохом, значительно меньшей, чем люцерной,

наблюдалось более низкое поступление несимбиотически фиксированного азота. Величина баланса в этом варианте составила минус 29,6 кг/га.

Применение навоза в количестве 2,0 т/га севооборотной площади (9,0 кг/га азота) не обеспечивало положительного баланса азота, лишь сокращало его на одну треть (севооборот 4_а). Недостаток его компенсировался внесением 26 кг/га азотных удобрений (севооборот 4_б). На естественном фоне емкость баланса составляла 70,2 кг/га, внесение 2 т навоза увеличивало ее на 9,7 кг/га, в варианте с дополнительным внесением азотных удобрений – на 32,4 кг/га.

При введении в структуру посевных площадей севооборота 5 бобовых культур на 30 % площади (10 % гороха, 20 % люцерны), сокращении доли колосовых до 40 %, неизменном количестве пропашных и отсутствии чистого пара здесь относительно предыдущего севооборота больше поступало в почву симбиотически (13,3 кг/га) и несимбиотически (11,7 кг/га) фиксированного азота с долей его в приходной части 78 % (таблица 6).

Таблица 6 – Баланс азота в севообороте 5 без чистого пара с люцерной и горохом

Показатель	В кг/га		
	10 % гороха, 20 % люцерны, 30 % пропашных, 40 % колосовых		
	5	5 _а	5 _б
Вынос с урожаем	64,1	64,1	66,0
Поступление: с навозом	-	-	-
минеральными удобрениями	-	-	34,0
семенами и осадками	7,1	7,1	7,1
фиксированный симбиотически	13,3	13,3	13,3
фиксированный несимбиотически	11,7	11,7	11,7
Всего поступлений	32,1	32,1	66,7
Баланс	-32,0	-32,0	+0,7
Интенсивность баланса, %	50,1	50,1	101,1
Емкость баланса	96,2	96,2	132,7
Примечание – 5, 5 _а – без удобрения; 5 _б – 40 кг д. в. азотных удобрений.			

И в то же время баланс азота складывался отрицательно. Для ликвидации этого требовалось внесение 40 кг/га азотных удобрений (с учетом коэффициента использования – 34). При этом интенсивность баланса до-

стигала 101,1 % против 50,1 % на контроле, емкость повышалась от 96,2 до 132,7 кг/га.

Выводы

1 В стационаре в зернопаропропашном севообороте баланс азота отрицательный, дефицит его достигал 51,0 кг д. в./га.

2 Применение навоза и минеральных удобрений в средних дозах (7,0 т навоза + $N_{43}P_{30}K_{24}$) не компенсировало вынос азота. Отрицательный баланс сохранялся (минус 3,4 кг/га), но дефицит сократился в 15 раз. Удобрения в повышенной дозе (11,2 т навоза + $N_{64}P_{42}K_{42}$) полностью ликвидировали недостаток азота, превышение приходной части баланса над расходной составляло 16,0 кг/га.

3 Для восполнения выноса азота в севооборотах различной конструкции в пределах 50–109,5 кг д. в./га, предотвращения загрязнения окружающей среды при внесении азотных удобрений необходимо в зависимости от конструкции севооборотов, доли бобовых, пропашных, колосовых культур и чистого пара на фоне навоза внесение 27–45 кг/га азотных удобрений.

Список использованных источников

1 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.

2 Замятин, С. А. Влияние полевых севооборотов на баланс азота в почве / С. А. Замятин, В. М. Измestьев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2013. – № 3(34). – С. 39–43.

3 Гамзиков, Г. П. Агрохимия азота в агроценозах / Г. П. Гамзиков. – Новосибирск: РАСХН, 2013. – 790 с.

4 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>.

5 Новиков, А. А. Эколого-мелиоративное состояние черноземных почв южного региона России / А. А. Новиков. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 103 с.

6 Шусткова, Е. П. Азотный режим чернозема обыкновенного и продуктивность сельскохозяйственных культур в последствии различных доз азотных удобрений / Е. П. Шустикова, Н. И. Шаповалова // Агрохимия. – 2014. – № 2. – С. 20–25.

7 Лобков, В. Т. Влияние органических удобрений и возделываемых культур на азотный режим темно-серой лесной почвы / В. Т. Лобков, Ю. А. Бобкова // Агрохимия. – 2015. – № 4. – С. 3–9.

8 Назарюк, В. М. Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах / В. М. Назарюк. – Новосибирск: СО РАН, 2002. – 257 с.

9 Кудеяров, В. Н. Баланс азота, фосфора и калия в земледелии России / В. Н. Кудеяров // Агрохимия. – 2018. – № 10. – С. 3–11.

10 Тюрин, И. В. Органическое вещество и его роль в плодородии / И. В. Тюрин. – М.: Наука, 1965. – 320 с.

11 Шапошникова, И. М. Плодородие черноземов Юга России / И. М. Шапошникова. – Ростов н/Д., 2004. – 231 с.

12 Pastor, J. Nitrogen mineralization and nitrification in four Minnesota old fields / J. Pastor, M. A. Stillwell, D. Tillman // Oecologia. – 1987. – № 4. – P. 481–485.

References

1 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).

2 Zamyatin S.A., Izmistiev V.M., 2013. *Vliyanie polevykh sevooborotov na balans azota v pochve* [Influence of field crop rotation on nitrogen balance in soil]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agricultural Science of the Euro-North-East], no. 3(34), pp. 39–43. (In Russian).

3 Gamzikov G.P., 2013. *Agrokimiya azota v agrotsenozakh* [Agrochemistry of Nitrogen in Agrocenoses]. Novosibirsk, RAAS Publ., 790 p. (In Russian).

4 Novikov A.A., 2012. *Formirovanie azotnogo fonda osnovnykh podtipov chernozemov yuga Rossii* [Formation of nitrogen fund of the main subtypes of black soils 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).

5 Novikov A.A., 2015. *Ekologo-meliorativnoe sostoyanie chernozemnykh pochv yuzhnogo regiona Rossii* [Ecological-Reclamation State of Chernozem Soils of the Southern Region of Russia]. LAP LAMBERT Academic Publ., 103 p. (In Russian).

6 Shustkova E.P., Shapovalova N.I., 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).

7 Lobkov V.T., Bobkova Yu.A., 2015. *Vliyanie organicheskikh udobreniy i vozde-lyvaemykh kul'tur na azotnyy rezhim temnoseroi lesnoy pochvy* [Influence of organic fertilizers and arable crops on the nitrogen regime of dark gray forest soil]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 4, pp. 3–9. (In Russian).

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

9 Kudeyarov V.N., 2018. *Balans azota, fosfora i kaliya v zemledelii Rossii* [Balance of nitrogen, phosphorus and potassium in agriculture in Russia]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 10, pp. 3–11. (In Russian).

10 Tyurin I.V., 1965. *Organicheskoe veshchestvo i ego rol' v plodorodii* [Organic Substance and its Role in Fertility]. Moscow, Nauka Publ., 320 p. (In Russian).

11 Shaposhnikova I.M., 2004. *Plodorodie chernozemov Yuga Rossii* [Fertility of Chernozems of the South of Russia]. Rostov-on-Don, 231 p. (In Russian).

12 Pastor J., Stillwell M.A., Tillman D., 1987. Nitrogen mineralization and nitrification in four Minnesota old fields. *Oecologia*, no. 4, pp. 481–485.

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 государственный аграрный университет»

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

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

Novikov Alexey Alekseevich

Degree: Doctor of Agricultural Sciences

Title: Professor

Position: Professor

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – 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