

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ  
ПОД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ  
НА ПЛОДОРОДИЕ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

G. N. Fadkin, E. I. Lupova, D. V. Vinogradov, R. N. Ushakov

THE JUSTIFICATION OF THE USE OF VARIOUS FORMS  
OF NITROGEN FERTILIZERS FOR AGRICULTURAL CROPS  
AND THEIR IMPACT ON THE FERTILITY OF GRAY FOREST SOIL

**Фадькин Геннадий Николаевич** – канд. с.-х. наук, доц., зав. каф. селекции и семеноводства, агрохимии, лесного дела и экологии Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань.

E-mail: g-fadkin@mail.ru

**Лупова Екатерина Ивановна** – канд. биол. наук, доц. каф. агрономии и агротехнологий Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань.

E-mail: katya.lilu@mail.ru

**Виноградов Дмитрий Валериевич** – д-р биол. наук, проф., зав. каф. агрономии и агротехнологий Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань. E-mail: vdvrzn@mail.ru

**Ушаков Роман Николаевич** – д-р с.-х. наук, проф. каф. селекции и семеноводства, агрохимии лесного дела и экологии Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, г. Рязань.

E-mail: r.usakov1971@mail.ru

**Fadkin Gennady Nikolaevich** – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Selection and Seed Farming, Agrochemistry, Forestry and Ecology, P.A. Kostychev Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan.

E-mail: g-fadkin@mail.ru

**Lupova Ekaterina Ivanovna** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agronomy and Agrotechnologies, P.A. Kostychev Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan.

E-mail: katya.lilu@mail.ru

**Vinogradov Dmitry Valeriyevich** – Dr. Biol. Sci., Prof., Head, Chair of Agronomy and Agrotechnologies, P.A. Kostychev Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan.

E-mail: vdvrzn@mail.ru

**Ushakov Roman Nikolaevich** – Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of Selection and Seed Farming, Agrochemistry, Forestry and Ecology, P.A. Kostychev Ryazan State Agrotechnological University, Ryazan.

E-mail: r.usakov1971@mail.ru

Результатом исследования является оценка действия простых азотных удобрений в результате их длительного беспрерывного применения в севообороте в условиях Нечерноземной зоны РФ на серых лесных тяжелосуглинистых почвах со средним уровнем плодородия. Кроме того, было изучено их влияние на содержание общего, минерального и легкогидролизуемого азота в севообороте с чередованием культур: однолетние травы на зеленую массу – яровая пшеница – картофель – ячмень, учитывая длительность применения минеральных удобрений по ротациям севооборота. Комплекс элементов питания, вносимый с ми-

неральными удобрениями, активизируя минерализацию органического вещества, повышал степень усвоения почвенного азота и снижал коэффициент использования азота из минеральных удобрений, который не превышал 30,1 % при возделывании картофеля, наименьшее значение данного показателя (15,2 %) отмечалось при выращивании ячменя. При низком коэффициенте использования сельскохозяйственные культуры севооборота по отзывчивости на формы азота, вносимого с минеральными удобрениями, условно можно разделить на следующие группы: аммиачно-нитратные удобрения и аммиачную воду – яч-

мень; отзывчивые на нитратные формы – однолетние травы; отзывчивые на аммиачно-нитратные и нитратные формы удобрения – картофель; отзывчивые на амидные и аммиачно-нитратные формы удобрения – яровая пшеница. Динамика годового потребления азота из минеральных удобрений имеет нелинейный характер значения показателя, стабилизируясь или увеличиваясь до пятой ротации и снижаясь в последующие ротации, т. е. многолетнее беспрерывное применение одной и той же формы азотного удобрения на одном и том же месте заметно снижает коэффициент использования азота из используемой формы удобрения, что в свою очередь способствует снижению эффективности вносимого азотного удобрения. Баланс азота в системе почва – растение – удобрение через пятнадцать ротаций севооборота отрицательный и зависит от формы применяемого азотного удобрения на фоне фосфорного и калийного удобрения.

**Ключевые слова:** азот, удобрения, плодородие, серая лесная почва, урожайность.

*The result of the research was the assessment of the effect of simple nitrogen fertilizers in the course of their long-term permanent use in crop rotation in the non-Chernozem zone of the Russian Federation on gray forest heavy loam soils with an average level of fertility. In addition, their influence on the content of total, mineral and easily hydrolyzed nitrogen in the crop rotation with alternating crops was studied: annual grasses on the green mass – spring wheat – potatoes – barley, taking into account the duration of the use of mineral fertilizers for rotation of the crop rotation. The complex of nutrition elements introduced with mineral fertilizers activating the mineralization of organic matter increased the degree of soil nitrogen assimilation and reduced the coefficient of nitrogen use from mineral fertilizers, which did not exceed 30.1 % when cultivating potatoes, the lowest value of this indicator (15.2 %) was noted when growing barley. With a low utilization rate, crop rotation crops could be divided into the following groups according to their responsiveness to the forms of nitrogen introduced with mineral fertilizers: ammonia-nitrate fertilizers and ammonia water – barley; nitrate-*

*responsive forms – annual grasses; ammonia-nitrate and nitrate-responsive forms of fertilizers – potatoes; amide-responsive and ammonia-nitrate forms of fertilizers – spring wheat. The dynamics of annual consumption of nitrogen fertilizer had non-linear nature of the value of the index, stabilizing or increasing to the fifth rotation and decreasing in the subsequent rotation, i.e. a long-term permanent use of the same forms of nitrogen fertilizers on the same location significantly reduced the efficiency of nitrogen used for fertilizer, which in turn reduced the efficiency of the insertion of nitrogen fertilizer. The nitrogen balance in the soil-plant-fertilizer system through fifteen rotations of crop rotation was negative and depended on the form of the applied nitrogen fertilizer against the background of phosphorus and potash fertilizer.*

**Keywords:** nitrogen, fertilizers, fertility, gray forest soil, productivity.

**Введение.** На протяжении многих лет применение удобрений остается одним из самых значимых средств поддержания и даже повышения почвенного плодородия с одновременным увеличением урожайности сельскохозяйственных культур [2].

Вносимые в почву с удобрениями питательные вещества являются в определенной степени стимуляторами, способствующими интенсификации роста и развития растительного организма, которые позволяют получать стабильные и высокие урожаи основной продукции с оптимальным количеством побочной. Многочисленные исследования отечественных ученых показывают высокую значимость минеральных удобрений в получении высокой рентабельности сельскохозяйственного производства [6].

В земледелии Нечерноземья России азот находится в первом минимуме, именно ему принадлежит основная и самая важная роль в повышении урожайности и качества растениеводческой продукции [9].

При увеличении общего уровня плодородия различных почв, увеличивается ее биологическая активность, и тем меньше потребность культурных растений в азотных удобрениях. С этим утверждением связаны многие исследования отечественной науки по разработке и реали-

зации методики и методов диагностики усвояемых азотных форм, которые способствуют формированию прогноза усвояемости удобрений [3, 11]. В науке и практике часто бытует утверждение, что чем выше наличие легкоусвояемого азота в почвенном покрове, тем ниже эффективность азотных удобрений [1, 10]. В то же время наличие усвояемого азота во многих случаях коррелирует с общим уровнем почвенного плодородия. Таким образом, при увеличении данного параметра почвы эффективность удобрений, прежде всего азотных, возрастает [7].

В настоящее время также имеет место гипотеза, по которой при внесении азотных удобрений не происходит активных процессов минерализации элемента азота в почве, а поступление сверх требуемого почвенного азота в сельскохозяйственные растения осуществляется благодаря «ризосферному эффекту» [4]. Как следствие, при низком уровне содержания в почве азота основная часть минерализовавшегося азота почвы под культурами используется ризосферной микрофлорой, которая в качестве энергетического материала потребляет корневые выделения культур. При применении удобрений содержание азота в почве повышается, а соотношение  $C : N$  сужается. В связи с чем для переработки растительного энергетического материала микрофлоре необходимо малое количество минерального почвенного азота, которое удовлетворяется за счет внесения азотных удобрений [4].

По другой гипотезе, использование азотных удобрений не увеличивает минерализацию органического азота почвы. Применение азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры и в почве способствует постоянному обмену между азотом минерального удобрения и органическим почвенным азотом за счет деятельности микроорганизмов [8].

В почвенном покрове одновременно работают два противоположно направленных процесса. Осуществляется переработка органического вещества с выделением минерального азота, а также синтез новых органических соединений, где азот из минеральной формы переходит в органическую составляющую [10].

Констатируем, что оптимизация азотного питания производства сельскохозяйственных культур возможна за счет обеспечения мобилизации почвенного азота с компенсацией поступления азотных удобрений.

**Цель исследования:** дать научное обоснование длительному бессменному применению в севообороте разных форм простых азотных удобрений на фоне суперфосфата простого и хлористого калия с точки зрения их влияния на количественные характеристики форм почвенного азота и коэффициента использования азота из удобрений.

**Объекты и методы исследования.** Объектами исследования являлись простые азотные удобрения, в которых азот содержится в разной форме. Изучение их действия началось с 1962 г. в стационарном опыте кафедры селекции и семеноводства, агрохимии, лесного дела и экологии ФГБОУ ВО РГАТУ. Проводился анализ собственных данных и данных, полученных предшественниками Н.И. Арнаутовой, В.Г. Пак.

Опытный участок имеет следующие параметры: общая площадь, включая защитные полосы, – 0,61 га; площадь одной делянки – 0,021 га, повторность вариантов – 3-кратная; размещение вариантов – рендомизированное.

Агроэкологическая эффективность форм простых азотных удобрений изучалась на серой лесной тяжелосуглинистой почве в севообороте с чередованием культур: однолетние травы на зеленую массу – яровая пшеница – картофель – ячмень.

Схема опыта представлена в таблице 1.

Фоновые фосфорные и калийные удобрения вносили в полной норме осенью под зяблевую вспашку. Исследуемые формы азотных удобрений вносили в полной норме весной под предпосевную культивацию. Нормы внесения минеральных удобрений составили 60 кг д.в./га под зерновые культуры и однолетние травы и 100 кг д.в./га – под картофель (на момент закладки опыта это были рекомендуемые для региона нормы минеральных удобрений на серых лесных почвах).

Схема опыта

Шифр варианта	Вариант	Форма азотного удобрения (содержание азота, %)	Форма фосфорного удобрения (содержание фосфора, %)	Форма калийного удобрения (содержание калия, %)
VI	Без внесения удобрений (абсолютный контроль)	–	–	–
VII	PK – фон (контроль)	–	Суперфосфат простой гранулированный (21,8)	Хлористый калий мелкокристаллический (59,6)
VIII	PK + NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Аммиачная селитра (34,4)	Суперфосфат простой гранулированный (21,8)	Хлористый калий мелкокристаллический (59,6)
IV	PK + CaNO <sub>3</sub>	Кальциевая селитра (14,6)	Суперфосфат простой гранулированный (21,8)	Хлористый калий мелкокристаллический (59,6)
V	PK + NaNO <sub>3</sub>	Натриевая селитра (15,1)	Суперфосфат простой гранулированный (21,8)	Хлористый калий мелкокристаллический (59,6)
VI	PK + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Сернокислый аммоний (21,7)	Суперфосфат простой гранулированный (21,8)	Хлористый калий мелкокристаллический (59,6)
VII	PK + NH <sub>4</sub> Cl	Аммоний хлористый (24,9)	Суперфосфат простой гранулированный (21,8)	Хлористый калий мелкокристаллический (59,6)
VIII	PK + NH <sub>4</sub> OH	Аммиачная вода (20,2)	Суперфосфат простой гранулированный (21,8)	Хлористый калий мелкокристаллический (59,6)
IX	PK + CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	Мочевина (46)	Суперфосфат простой гранулированный (21,8)	Хлористый калий мелкокристаллический (59,6)

В исследованиях почвенные анализы проведены согласно методическим указаниям по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями [5]. КИУ и баланс азота определялся расчетным методом.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Почвенный азот без дополнительных источников поступления, исключая корневые и пожнивные остатки, а также фиксацию свободноживущими азотфиксирующими бактериями при постоянном использовании пашни (отсутствие парового поля в севообороте), расходуется на формирование урожая сельскохозяйственных культур. При этом длительность выращивания сельскохозяйственных культур без применения удобрений отрицательно влияет на его содержание в почве, что было выявлено за годы проведенных исследований.

Современные упрощенные методики расчета и оптимизации внесения азотных удобрений учитывают содержание только минерального азота в почве. При этом по одним методикам учитывают содержание почвенных нитратов, а по другим – аммонийной формы. Информация о почвенных запасах азота в минеральной форме в корнеобитаемом слое почвы до посева сельскохозяйственных культур позволяет скорректировать рекомендуемые на серой лесной тяжелосуглинистой почве в конкретном регионе нормы азотных удобрений, что в свою очередь позволит получать стабильные и высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Такая корректировка позволит оптимизировать азотное питание с учетом почвенных и агротехнических условий возделывания сельскохозяйственных культур.

В рамках исследования проведен анализ содержания почвенного минерального азота в динамике без применения удобрений, с применением только фосфора и калия, а также с применением разных форм простых азотных удобрений на фосфорно-калийном фоне (табл. 2). Результаты анализа показали увеличение минерализации почвенного азота в сочетании с внесением минеральным азотом удобрений. Так,

во все аналитические сроки (5; 10; 15 ротаций) накоплению минерального азота в почве способствовало применение аммиачной селитры, аммиачной воды и мочевины. Нитратные и твердые формы аммонийных удобрений, т. е. полярные по физиологической кислотности удобрения, снижали содержание исследуемой формы почвенного азота.

Таблица 2

**Содержание минерального азота в почве (слой 0–20 см), мг/кг почвы**

Вариант опыта	1961 г.	Через 5 ротаций	Через 10 ротаций	Через 15 ротаций
VI	21,8	18,4	17,3	14,3
VII	21,8	18,7	18	15,8
VIII	21,8	22,6	23,5	23,8
IV	21,8	21,4	21,2	21,1
V	21,8	21,5	20,7	24,1
VI	21,8	21	20,9	22,9
VII	21,8	20,3	20,2	19,4
VIII	21,8	22,8	22,9	22,9
IX	21,8	22,3	23,3	23,7

В условиях Нечерноземной зоны РФ одним из факторов, лимитирующих урожай (структура, величина, качество) сельскохозяйственных культур, является азотное питание. В связи с этим мы установили, что условия азотного питания растений определяются не только естественными факторами, но также наличием и формой азотного удобрения, которое используется в системе удобрений севооборота. Аммиачно-нитратная ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) и амидная ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) формы азотных удобрений на протяжении всего периода исследований способствовали формированию оптимальной структуры урожая за счет увеличения содержания минерального азота и уменьшения его потерь за счет перехода в органическую форму.

В дополнение к вышеизложенному мы провели анализ динамики содержания легкогидролизуемого азота. В результате проведенного анализа была выявлена другая зависимость (табл. 3). Наибольшее накопление легкогидролизуемого азота отмечается через пять и десять ротаций севооборота, при этом наивысшие значения зафиксированы по нитратным формам азотных удобрений, а наименьшие – по твердым аммиачным формам. Через пятнадцать ротаций севооборота содержание легкогидролизуемого азота резко уменьшилось. При этом его количество в почве по большинству вариантов было ниже начальных параметров (1961 г.). К ним относятся все варианты за исключением кальциевой и натриевой селитры.

Таблица 3

**Содержание легкогидролизуемого азота в почве (слой 0–20 см), мг/кг почвы**

Вариант опыта	1961 г.	Через 5 ротаций	Через 10 ротаций	Через 15 ротаций
1	2	3	4	5
VI	65,7	59	54	41,7
VII	65,7	61	53	46,7

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
VIII	65,7	79	78	55
BIV	65,7	98	100	80,3
BV	65,7	92	96	68,8
BVI	65,7	72	71	51,1
BVII	65,7	70	66	51,9
BVIII	65,7	76	82	54,4
BIX	65,7	79	76	46,7

В качестве предварительного заключения необходимо отметить, что длительное бесменное применение простых форм азотных удобрений пропорционально длительности применения усиливало минерализацию легкогидролизуемого азота. Подтверждение этому является снижение концентрации данного соединения азота в пахотном слое серой лесной тяжелосуглинистой почвы с одновременным увеличением минерального азота по вариантам с формами азотных удобрений относительно контроля и абсолютного контроля.

Азотные удобрения активизировали минерализацию органического вещества в почве, как следствие, повышали усвоение растениями форм азота из почвы.

Коэффициент использования сельскохозяйственными культурами азота, определенный разностным методом, не превышал 30,1 % при выращивании картофеля; 28,5 % – при выращивании яровой пшеницы и однолетних трав на зеленую массу и 15,2 % – при выращивании ячменя, что можно определить, как низкий (табл. 4). Это можно объяснить тем, что азот удобрений, которые вносятся ежегодно и бесменно на одном и том же месте независимо от сельскохозяйственной культуры, при их внесении и растворении в почвенном растворе мог теряться за счет таких процессов, как денитрификация, смыв по профилю почвы в более глубокие слои, фиксация почвенными биохимическими комплексами.

Таблица 4

#### Коэффициент использования питательных веществ из удобрений (азот)

Вариант опыта	КИУ (азот) в 15-й ротации севооборота, % от внесенного			
	2014 г. (однолетние травы на зеленую массу)	2015 г. (яровая пшеница)	2016 г. (картофель)	2017 г. (ячмень)
VIII	25,8	26,3	29,4	13,6
BIV	25,2	25,8	30,1	11,2
BV	24,5	24,9	28,6	12,1
BVI	20,8	28,4	8,6	7,7
BVII	28,5	26,9	7,9	6,9
BVIII	21,6	27,5	9,4	15,2
BIX	22,6	26,1	8,5	10,1

Таким образом, ежегодное использование азотных удобрений отрицательно влияло на коэффициент их использования. Снижение происходило ежегодно, соизмеримо с сельскохозяйственной культурой, произрастающей в год исследований.

В 15-й ротации севооборота полевые культуры по-разному потребляли азот из разных форм азотных удобрений (см. табл. 4). Однолетние травы и яровая пшеница имеют схожие по вариантам результаты, т. е. данные культуры мало избирательны в потреблении азота из формы удобрения. Картофель лучше усваивает

азот из нитратных и аммиачно-нитратных форм удобрений. Ячмень лучше усваивал азот из аммиачной воды и аммиачной селитры.

В целом по ротациям севооборота отмечается стабильная динамика уменьшения коэффициента использования азота из удобрений (табл. 5). В разрезе удобрений максимальное значение показателя выявлено в варианте с применением аммиачной селитры: изменение показателя от 65,1 до 23,7 %. Применение мочевины до пятой ротации способствовало увеличению КИУ, % по азоту, а затем наблюдалось резкое снижение данного показателя с 64,2 до

16,9 %. Это можно объяснить тем, что порядка 40 % азота из удобрения накапливалось в ППК. При определенных условиях закрепленный азот переходил в почвенный раствор и участвовал в процессе питания, ингибируя азот, поступающий с удобрением в амидной форме. Аммиачная вода при длительном применении вела себя аналогично, за исключением того, что в почву азот поступал в аммиачной форме. Параллельно с этими процессами протекала минерализация почвенного азота, которая усиливала процесс ингибирования азота удобрений.

Таблица 5

**Коэффициент использования азота сельскохозяйственными культурами**

Вариант опыта	Коэффициент использования азота в среднем за ротацию, % от внесенного						
	I	II	III	IV	V	X	XV
BIII	63,6	65,1	63,5	61,1	58,6	48,1	23,7
BIV	61,2	62,7	61,3	58,8	56,5	47,8	23,1
BV	62,1	63,5	61,8	58,6	55,2	47,0	22,5
BVI	57,7	59,0	58,5	57,9	58,2	38,4	13,9
BVII	46,9	48,4	48,2	46,6	45,9	37,3	12,6
BVIII	55,2	56,2	56,4	57,6	59,9	40,0	15,9
BIX	60,1	61,6	62,0	62,1	64,2	41,2	16,9

Баланс элементов питания, в частности азота, – это один факторов оценки действия форм минеральных азотных удобрений. Так, баланс азота в почвенном покрове через пятнадцать ротаций, рассчитанный по средневзвешенному выносу питательных элементов растениями и насыщенности севооборота азотных удобрений, формировался таким образом, что по всем вариантам исследования он являлся отрицательным. Это доказывает то, что даже при постоянном внесении азотных удобрений сельскохозяйственные культуры потребляют определенное количество почвенного азота, который минерализовался, вследствие разложения органического вещества. Это, в свою очередь, показывает недостаток рекомендуемых норм удобрений,

однако в данном опыте они не изменялись с 1962 г., так как опыт входил в географическую сеть опытов с удобрениями.

Азотный баланс через пятнадцать ротаций севооборота наглядно показывает картину азотного питания сельскохозяйственных культур севооборота. Фактические значения баланса варьируют в зависимости от варианта опыта от –3,394 до –2,026 т/га. При этом дефицит азота в контрольном варианте и варианте без применения удобрений соответственно составили 92,6 и 99,9 %. Дефицит азота в вариантах с применением азотных удобрений находится в пределах 41,1–48,2 %. Наименьший дефицит отмечен в варианте с хлористым аммонием, а наибольший – в варианте с мочевиной.

Баланс азота через пятнадцать ротаций севооборота, т/га

Вариант опыта	Запас N в почве		Внесено N с минеральными удобрениями	Вынос N с урожаями	Баланс N, ± т/га			Дефицит N, %	Интенсивность баланса, %
	исходный	конечный			за весь период	в среднем за ротацию	в среднем за год		
VI	0,197	0,125	–	3,151	-2,864	-0,260	-0,064	90,9	–
VII	0,197	0,140	–	3,666	-3,394	-0,309	-0,075	92,6	–
VIII	0,197	0,165	2,940	5,360	-2,467	-0,224	-0,055	46,0	54,8
BIV	0,197	0,241	2,940	5,188	-2,371	-0,216	-0,053	45,7	56,7
BV	0,197	0,207	2,940	5,137	-2,286	-0,208	-0,051	44,5	57,2
BVI	0,197	0,153	2,940	5,040	-2,135	-0,194	-0,047	42,4	58,3
BVII	0,197	0,156	2,940	4,928	-2,026	-0,184	-0,045	41,1	59,7
BVIII	0,197	0,163	2,940	5,195	-2,300	-0,209	-0,051	44,3	56,6
BIX	0,197	0,140	2,940	5,638	-2,720	-0,247	-0,060	48,2	52,2

**Выводы.** Длительность бессменного применения изучаемых форм азотных удобрений усиливает минерализацию почвенного азота. Анализ динамики содержания легкогидролизуемого азота подтверждает данную зависимость, т. е. применение азотных удобрений снизило содержание легкогидролизуемого азота.

Бессменное ежегодное использование азотных удобрений отрицательно влияло на коэффициент использования азота из удобрений. При этом регулярное ежегодное снижение коэффициента соизмеримо с биологическими особенностями сельскохозяйственных культур. Что касается ротационной динамики коэффициента использования азота из удобрений, то она зависит от формы азотного удобрения.

Баланс азота за весь период исследований наглядно показывает картину азотного питания сельскохозяйственных культур севооборота, указывая на снижение эффективности длительного бессменного применения простых азотных удобрений.

### Литература

1. *Виноградов Д.В., Курчевский С.М.* Роль агрономелиоративных приемов в улучшении основных агрофизических свойств супесчаной дерново-подзолистой почвы // *Агропанаорама*. 2013. № 6. С. 10–12.

2. *Габибов М.А.* Агроэкологические приемы повышения продуктивности севооборота // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2017. № 2 (53). С. 40–44.
3. *Гамзиков Г.П., Кострик Г.И., Емельянова В.Н.* Баланс и превращение азота удобрений. Новосибирск: Наука, 1985. 160 с.
4. *Завалин А.А., Благовещенская Г.Г., Чернова Л.С.* и др. Управление азотным питанием растений в почве // *Агрохимический вестник*. 2012. № 6. С. 38–40.
5. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 2 (Программа и методы исследования почв) / *В.Д. Панников* [и др.]. М., 1986. 147 с.
6. *Минеев В.Г.* Избранное: сб. науч. ст. в 2 ч. Агрохимия и качество пшеницы. Экологические проблемы и функции агрохимии. М: Изд-во МГУ, 2005. 601 с.
7. *Назарюк В.М.* Баланс и трансформация азота в агроэкосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 257 с.
8. *Фадькин Г.Н., Виноградов Д.В.* Зависимость баланса элементов питания в системе «Почва – удобрение – растение» от форм азотных удобрений в условиях юга Нечерноземья // *Вестник КрасГАУ*. 2015. № 6 (105). С. 13–18.



9. Фадькин Г.Н., Виноградов Д.В., Щур А.В. и др. Миграция азота в системе «удобрение – почва – растение» под влиянием длительного применения удобрений // Агро-ЭкоИнфо. 2015. № 4.
10. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Целлюлозолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия // Вестник КрасГАУ. 2015. № 7 (106). С. 45–49.
11. Якименко В.Н. Фонд минерального азота почвы в зависимости от баланса калия в агроценозах // Плодородие. 2010. № 2. С. 29–31.
5. Metodicheskie ukazaniya po provedeniju issledovanij v dlitel'nyh opytah s udobrenijami. Ch. 2 (Programma i metody issledovanija pochv) / V.D. Pannikov [i dr.]. M., 1986. 147 s.
6. Mineev V.G. Izbrannoe: sb. nauch. st. v 2 ch. Agrohimiya i kachestvo pshenicy. Jekologicheskie problemy i funkcii agrohimii. M: Izd-vo MGU, 2005. 601 s.
7. Nazarijuk V.M. Balans i transformacija azota v agrojekosistemah. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2002. 257 s.
8. Fad'kin G.N., Vinogradov D.V. Zavisimost' balansa jelementov pitanija v sisteme «Pochva – udobrenie – rastenie» ot form azotnyh udobrenij v uslovijah juga Nechernozem'ja // Vestnik KrasGAU. 2015. № 6 (105). S. 13–18.
9. Fad'kin G.N., Vinogradov D.V., Shhur A.V. i dr. Migracija azota v sisteme «udobrenie – pochva – rastenie» pod vlijaniem dlitel'nogo primenenija udobrenij // AgroJekolInfo. 2015. № 4.
10. Shhur A.V., Vinogradov D.V., Val'ko V.P. Celljulozoliticheskaja aktivnost' pochv pri razlichnyh urovnjah agrotehnicheskogo vozdejstvija // Vestnik KrasGAU. 2015. № 7 (106). S. 45–49.
11. Jakimenko V.N. Fond mineral'nogo azota pochvy v zavisimosti ot balansa kalija v agrocenozah // Plodorodie. 2010. № 2. S. 29–31.

### Literatura

1. Vinogradov D.V., Kurchevskij S.M. Rol' agromeliorativnyh priemov v uluchshenii osnovnyh agrofizicheskikh svojstv supeschanoj dernovo-podzolistoj pochvy // Agropanorama. 2013. № 6. S. 10–12.
2. Gabibov M.A. Agrojekologicheskie priemy povyshenija produktivnosti sevooborota // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 2 (53). S. 40–44.
3. Gamzikov G.P., Kostrik G.I., Emel'janova V.N. Balans i prevrashhenie azota udobrenij. Novosibirsk: Nauka, 1985. 160 s.
4. Zavalin A.A., Blagoveshhenskaja G.G., Chernova L.S. i dr. Upravlenie azotnym

