

На правах рукописи

Горский Александр Сергеевич

**АЗОТНЫЙ РЕЖИМ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ТОРФЯНЫХ НИЗИННЫХ
ПОЧВ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ**

Специальность 06.01.04 - Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Брянск – 2020

Работа выполнена на кафедре почвоведения и агрохимии им. Л.Н. Александровой Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет».

Научный руководитель: **Царенко Василий Павлович,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры почвоведения и агрохимии им. Л.Н. Александровой ФГБОУ ВО «СПбГАУ»

Официальные оппоненты: **Осипов Анатолий Иванович,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»

Прокашев Алексей Михайлович
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры географии и методики обучения географии ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия»

Защита диссертации состоится «28» мая 2020 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета Д 220.005.01 при ФГБОУ ВО Брянский ГАУ по адресу: 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская 2а, корпус 4, конференц-зал.

E-mail: uchsovet@bgsha.com. Тел. факс: +7 (48341) 24-7-21

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Брянский ГАУ и на сайте организации по адресу <http://www.bgsha.com>

Автореферат разослан «__» марта 2020 года и размещен на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации <http://vak.minobrnauki.gov.ru>

**Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор с.-х. наук, доцент**

Дьяченко Владимир Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время особый интерес вызывают агроэкосистемы на осушенных и освоенных торфяных низинных почвах ввиду их уникальных свойств, заключающихся в огромных запасах органического вещества и азота. Несмотря на это, при отсутствии научного подхода к использованию этих почв, они способны быстро «срабатываться». Поэтому, одним из путей увеличения срока эксплуатации освоенных торфяных почв, ввиду конституционной связи азота и углерода органического вещества, является глубокое изучение их азотного режима и процессов трансформации органического вещества при длительном и различном по интенсивности антропогенном воздействии.

Степень разработанности темы. В отечественной и зарубежной литературе встречается очень мало сведений по действию длительного бесменного возделывания сельскохозяйственных культур на азотный режим и продуктивность торфяных почв. В севооборотах, принятых для возделывания культур на торфяных почвах, ввиду постоянной смены сельскохозяйственных культур и свойственной каждой культуре агротехнике выращивания, невозможно дать глубокую оценку закономерностям трансформации органического вещества и азота в почве. В связи с этим, представленная работа актуальна и имеет значительное теоретическое, практическое и экологическое значение для познания процессов сельскохозяйственного использования органогенных почв. В ней за 41 летний период при различной интенсивности использования представлены параметры минерализации органического вещества торфа, снижение общих запасов азота и его различных форм, что позволяет прогнозировать само существование торфяной почвы и ее продуктивности.

Цель работы - выявить влияние длительного бесменного возделывания контрастных по агротехнике выращивания сельскохозяйственных культур на агрохимические свойства и азотный режим торфяных низинных почв, а также на продуктивность и качество этих культур.

В соответствии с целью работы были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать действие длительного бесменного возделывания многолетних и однолетних трав, пропашных культур и долголетнего культурного пастбища на азотный режим и агрохимические свойства исследуемых почв.
2. Установить значение легкогидролизуемых форм азота в питании растений на торфяных почвах, как ближайшего резерва минерального азота.
3. Выявить воздействие выбранных сельскохозяйственных культур на интенсивность процессов минерализации и трансформации органического вещества и сработку торфа.
4. Исследовать параметры продуктивности и качества сельскохозяйственных культур, возделываемых на торфяных почвах.
5. Дать экономическую оценку применения минеральных удобрений в условиях пастбищного использования многолетних трав.

Научная новизна. Впервые в Северо-Восточной части Европейской территории РФ на 41 году антропогенной инволюции освоенных торфяных почв при различной интенсивности их использования, в том числе и пастбищного, проведены глубокие исследования азотного режима. Установлены изменения агрохимических свойств и продуктивности различных сельскохозяйственных культур.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные экспериментальные данные позволяют судить о закономерностях трансформации органического вещества и азотсодержащих соединений в торфяных почвах за 41 летний период их сельскохозяйственной эксплуатации под различными по интенсивности возделывания сельскохозяйственными культурами. Показано, что процессы разрушения (минерализации) органического вещества торфа под различными культурами имеют одинаковый характер, но разную скорость. Под пропашными культурами скорость сработки торфа максимальна, а под многолетними травами минимальна. Однолетние травы занимают промежуточное положение. Представлены параметры сработки торфа, снижение общих запасов азота и его различных форм. Эти данные позволяют прогнозировать время существования торфяной почвы и могут быть использованы сельскохозяйственными предприятиями в Северо-Восточной части РФ в арсенале которых присутствуют торфяные низинные почвы, для оценки их продуктивности.

Реализация результатов исследований. Работа проводилась согласно плану научных исследований ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» на базе стационарных полевых опытов ФГБУ «Кировская лугоболотная опытная станция». Результаты исследований внедрены в производство в виде научно-технической разработки «Рациональное агроэкологическое использование старопахотных низинных торфяных почв в системе кормовых севооборотов в условиях Северо-Востока Европейской части РФ». Экспериментальные данные представленные в диссертации используются в учебно-образовательном процессе в ФГБОУ ВО СПбГАУ и ФГБОУ ВО Вятская ГСХА.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Возделывание сельскохозяйственных культур оказывает существенное влияние на агрохимические свойства и азотный режим торфяных низинных почв.
2. Легкогидролизуемые формы азота играют важную роль в питании растений на торфяных почвах, имея тесную корреляционную связь с коэффициентом использования азота удобрений.
3. Степень воздействия сельскохозяйственных культур на почву зависит от вида культуры, технологии её возделывания, которые суммарно оказывают разное влияние на биологические процессы, идущие в почве (гумификации, минерализации, аммонификации, нитрификации).
4. Продуктивность и качество сельскохозяйственной продукции, не смотря на длительное бессменное их возделывание, остается на уровне средних многолетних значений, характерных для производственных условий Кировской области.

5. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений, в условиях пастбища, находится на уровне характерном для данного региона в производственных условиях.

Достоверность полученных научных результатов. Подтверждается данными дисперсионного анализа при 95% уровне вероятности, где во всех исследованиях выявлена наименьшая существенная разница (НСР). Дисперсионный анализ производили посредством программы МО Excel.

Личный вклад автора. Общий вклад соискателя в объеме диссертационных исследований составляет не менее 80%. Соискатель лично проводил зондирование мощности исследуемых почв, выполнял отбор почвенных образцов и основную часть лабораторных исследований. Самостоятельно производил статистическую обработку и интерпретацию результатов исследования. Доля личного участия в опубликованных научных трудах в целом составляет 85%, в т.ч. в статьях из журналов, рекомендованных ВАК РФ – 78%.

Апробация результатов работы. Основные результаты диссертационной работы представлены и обсуждены на ежегодных международных научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава СПбГАУ (2017, 2018, 2020); конференциях молодых ученых (2018).

Публикации автора. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 8 печатных работах, в том числе 5 в журналах, рекомендованных ВАК.

Структура и объем диссертации. Научно-исследовательская работа состоит из введения, 6 глав, заключения, предложения производству, перспективы дальнейшей разработки темы, списка литературы и приложения. Список литературы включает 165 наименований, среди которых 155 отечественных и 10 иностранных. Текстовая часть работы содержит 146 страниц текста, включая 39 таблиц, 25 рисунков и 8 приложений.

Благодарности. Автор выражает признательность и безграничную благодарность научному руководителю д.с.-х.н., профессору кафедры почвоведения и агрохимии им. Л.Н. Александровой (ФГБОУ ВО СПбГАУ) В.П. Царенко за помощь в выборе объекта, всевозможную поддержку при проведении научных исследований и за помощь в написании рукописи. Искреннюю благодарность автор выражает всем сотрудникам ФГБУ Кировская ЛОС и в особенности директору д.с.-х.н., профессору Уланову А.Н. за предоставленную возможность проводить наши исследования на столь уникальном, в своем роде объекте. Автор выражает благодарность всем сотрудникам кафедры почвоведения и агрохимии им. Л.Н. Александровой ФГБОУ ВО СПбГАУ за помощь в проведении лабораторных исследований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР. АЗОТНЫЙ РЕЖИМ ТОРФЯНЫХ НИЗИННЫХ ПОЧВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ

В этой главе рассматриваются результаты исследований отечественных и зарубежных авторов, посвященных изучению влияния продолжительности освоения торфяных почв, влияния характера возделывания сельскохозяйственных культур на азотный режим, агрохимические свойства, продуктивность и качество сельскохозяйственной продукции, возделываемых на исследуемых почвах.

ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ, МЕТОДЫ И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Характеристика объектов исследований

Объектами исследований являются осушенные торфяные низинные освоенные почвы торфомассива «Гадовское» Кировской ЛОС. Подстилающими породами являются аллювиальные пески и супеси. Торфомассив сложен, в основном, древесным и древесно-осоковым торфом, средней мощности 1,5 м, степенью разложения 20-50% и зольностью 12-16%.

В 1975 году на этом торфомассиве сотрудниками Кировской ЛОС был заложен стационарный полевой опыт по исследованию воздействия различных сельскохозяйственных культур на минерализационно-трансформационные процессы элементов питания в торфяных почвах при бессменном их возделывании и применении удобрений.

Схема стационарного полевого опыта:

- 1- Парующая почва + $N_{60}P_{60}K_{120}$;
- 2- Многолетние травы + $N_{60}P_{60}K_{120}$;
- 3- Однолетние травы + $N_{60}P_{60}K_{120}$;
- 4- Пропашные культуры + $N_{60}P_{60}K_{120}$.

Повторность опытов трехкратная. Учетная площадь каждой делянки равна 25 м². Удобрения: аммиачную селитру, простой суперфосфат, и хлористый калий вносили следующим образом: под многолетние травы азотные под 1-й и 2-й укос, фосфорные и калийные один раз весной; под пропашные и однолетние травы все удобрения вносились под вспашку весной.

Долголетнее культурное пастбище на торфяной низинной почве было заложено в 1935 году сотрудниками опытной станции. В почву ежегодно вносили минеральные удобрения. В 2007 году на пастбище был разбит опыт с 6 вариантами.

Схема опыта с долголетним культурным пастбищем.

- 1- Без удобрений;
- 2- N_{90} ;
- 3- $N_{90}K_{90}$;
- 4- $N_{90}P_{60}$;
- 5- $N_{90}P_{60}K_{90}$;
- 6- N_{35} .

Повторность опытов четырехкратная. Учетная площадь равна 25 м². Удобрения: аммиачную селитру, простой суперфосфат, и хлористый калий вносили следующим образом: азотные под 1-е и 3-е стравливание, фосфорные и калийные один раз весной. Всего за период вегетации проводится четыре стравливания. Из этого опыта исследования агрохимических свойств и азотного режима по всему почвенному профилю проводили только в 2-х вариантах: без

применения удобрений и N₉₀P₆₀K₉₀. Абсолютным контролем для сравнения служила осушенная целинная почва того же торфомассива, занятая лесом находящаяся в непосредственной близости от стационарных опытов.

Агрохимическая характеристика объекта исследований

Таблица 1. Агрохимическая характеристика целинной почвы

Слой, см	Зола, %	pH _{ксл}	Содержание обменных катионов, ммоль-экв/100 гр.			Нг, моль-экв/100 гр	V, %	Валовое содержание, %		Подвижные формы, мг/кг	
			∑ Са и Mg	Са	Mg			P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
0-20	13,45	5,05	167,93	102,44	65,49	70,53	70,42	0,101	0,096	69,0	130,2
20-40	7,17	5,82	191,93	129,44	62,49	74,98	71,90	0,075	0,176	46,7	90,7
40-70	5,57	6,22	215,16	83,13	132,03	71,88	74,95	0,061	0,127	16,2	110,1
70-100	6,39	6,13	146,98	108,40	38,58	38,58	79,20	0,029	0,077	16,0	60,1
НСР_{0,05}	-	±0,05	11,167	4,147	-	11,216	-	0,0022	0,0072	3,64	3,33

Согласно табл. 1 по величине зольности только верхний 20 см слой целинной почвы относится к группе высокозольных торфов, поскольку превышает конституционную зольность. Остальные горизонты почвы относятся к группе нормальнозольных торфов. По величине обменной кислотности целинная почва относится к группе с кислой реакцией среды в верхнем 20 см слое, остальные горизонты относятся к группе со слабокислой реакцией среды. Согласно группировке торфяных почв по обеспеченности подвижным фосфором и калием, предложенной Белорусскими учеными, целинная почва по содержанию этих элементов по профилю почвы, относится к группе с очень низкой (0-100 мг/кг) обеспеченностью.

Агрометеорологические условия в годы проведения исследований

Метеорологические условия заметно варьировались по годам исследований. Наиболее теплый и влажный вегетационный период наблюдался в 2016 году, наиболее холодный и влажный в 2015 году, вегетационные периоды 2017 и 2018 гг. были умеренно теплые и влажные. Сумма активных температур Кировской области находится в пределах 1650-1800°С.

Методы проведения исследований

Исследование агрохимических свойств торфяных низинных почв и качества урожая сельскохозяйственных культур проводили общепринятыми ГОСТ-ми методами.

Для изучения азотного режима торфяных освоенных почв использовали следующие методы: определение общего содержания углерода и азота в торфяных почвах методом Анстета в модификации Пономаревой и Николаевой; минеральный азот почвы методом дистилляции; кислотоголиролизуемый азот по Тюрину и Коновой; щелочногидролизуемый азот по Корнфилду; определение основных азотсодержащих органических соединений по методу Бремнера; определение состава органического вещества торфяных почв по схеме и методу Пономаревой и Николаевой; определение нитрификационной способности почв методом Кракова, в модификации Болотиной и Абрамовой; определение азота, минерализуемого из органического вещества почвы методом Бремнера.

Обработку исследуемых показателей производили с помощью дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову, с помощью программы MS Excel 2007 и надстройкой Agstat

**ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. АЗОТНЫЙ РЕЖИМ
И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОРФЯНЫХ НИЗИННЫХ ПОЧВ
ПРИ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

Агрохимические свойства

Результаты исследования показали, что в условиях Северо-Востока Европейской части РФ различная интенсивность сельскохозяйственного использования освоенных торфяных почв оказывает заметное влияние на агрохимические свойства и питательный режим торфяных почв. Выявленные нами закономерности изменения агрохимических свойств торфяных низинных освоенных почв в условиях Северо-Востока Европейской части РФ согласуются с исследованиями других авторов, проведенных в условиях Северо-Запада аналогичной части РФ.

Валовое содержание и запасы углерода и азота, и их соотношение

Таблица 2. Содержание валового углерода и азота, и их соотношение в исследуемых почвах в 2008 и 2016 гг.

Вид использования	Глубина, См	Валовое содержание, %				C/N	
		C		N		2008 г	2016 г
		2008 г	2016 г	2008 г	2016 г		
Лес, (целина)	0 - 20	-	43,67	-	2,208	-	19,7
	20 - 40	-	37,95	-	1,952	-	19,4
	40 - 70	-	38,45	-	1,959	-	19,6
	70 - 100	-	43,24	-	2,215	-	19,5
Многолетние травы, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0 - 20	34,85	49,52	2,248	2,111	15,5	23,4
	20 - 40	49,13	54,41	2,453	2,328	20,0	23,3
	40 - 70	49,53	61,28	2,142	2,306	23,1	26,5
	70 - 100	23,30	68,70	1,918	1,966	19,1	34,9
Однолетние травы, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0 - 20	39,64	41,95	2,142	2,146	18,5	19,5
	20 - 40	45,21	51,75	2,071	2,039	21,8	25,3
	40 - 70	47,35	49,26	2,206	1,908	21,5	25,8
	70 - 100	39,73	50,49	1,908	1,766	20,8	28,5
Пропашные культуры, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0 - 20	36,10	37,48	2,249	2,141	16,0	17,5
	20 - 40	36,82	41,83	2,136	1,927	17,2	21,7
	40 - 70	48,08	53,47	2,324	1,879	20,6	28,4
	70 - 100	42,18	46,68	2,309	2,305	18,2	20,2
Долголетнее культурное пастбище, без удобрений	0 - 8	35,57	43,80	2,078	2,022	17,1	21,6
	8 - 23	41,81	57,10	2,118	2,000	19,7	28,5
	23 - 36	35,25	56,09	2,003	1,951	17,6	28,7
	36 - 51	44,45	57,59	1,892	1,735	23,4	33,1
	51 - 88	35,99	58,41	1,804	1,783	19,9	32,7
Долголетнее культурное пастбище, N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	0 - 8	-	41,51	-	2,139	-	19,3
	8 - 23	-	45,93	-	2,210	-	20,7
	23 - 36	-	49,80	-	2,297	-	21,6
	36 - 51	-	65,45	-	1,950	-	33,5
	51 - 88	-	58,80	-	1,764	-	33,3
НСР_{0,05}	-	0,881	1,651	0,1371	0,1011	-	-

Таблица 3. Запасы валового азота и углерода в исследуемых почвах в т/га

Вид использования	Слой	Валовой азот			Валовой углерод		
		2008 г.	2016 г	Δ	2008 г.	2016 г	Δ
Лес, (целина)	0-40 см	-	17,1	-	-	336,0	-
	0-100 см	-	42,2	-	-	826,0	-
Многолетние травы, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0-40 см	18,8	20,6	+1,8	329,6	482,1	+152,5
	0-100 см	44,9	46,1	+1,2	856,7	1257,9	+401,2
Однолетние травы, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0-40 см	25,3	22,9	-2,4	504,6	511,3	+6,8
	0-100 см	50,0	47,2	-2,8	1027,0	1168,9	+141,9
Пропашные культуры, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0-40 см	30,0	26,0	-4,0	496,6	502,0	+5,4
	0-100 см	58,9	55,6	-3,3	1050,6	1220,7	+170,1
Долголетнее культурное пастбище, без удобрений	0-40 см	20,5	19,7	-0,8	386,6	543,1	+156,5
	0-88 см	41,6	40,1	-1,5	825,5	1211,6	+386,1
Долголетнее культурное пастбище, N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	0-40 см	-	22,1	-	-	620,9	-
	0-88 см	-	42,8	-	-	1313,9	-

Проведенные исследования (табл. 2) показали, что содержание валового азота по профилю почвы и его запасы различны и зависят от возделываемой сельскохозяйственной культуры и объекта сравнения.

Возделывание сельскохозяйственных культур приводит к увеличению валового содержания углерода и его относительных запасов в почве. Основная часть валового азота под сельскохозяйственными культурами аккумулируется в верхнем 40 см слое почвы. Напротив, аккумуляция валового углерода приурочена к средней и нижней части профиля почвы.

Увеличение соотношения C/N при длительном (41 год) освоении торфяных низинных почв в условиях Северо-Востока Европейской части РФ обусловлено увеличением валового содержания углерода.

Согласно табл. 3 среднегодовая убыль азота в метровой толще почвы за 8 летний период при возделывании однолетних трав составила – 350 кг/га; пропашных культур – 412 кг/га; долголетнего культурного пастбища – 187 кг/га соответственно. За аналогичный период возделывания многолетних трав в почве ежегодно накапливается в среднем по 150 кг/га валового азота.

Содержание и запасы легкогидролизуемых форм азота

Таблица 4. Содержание легкогидролизуемых соединений азота в 2008 и 2016 гг. мг/кг

Вид использования	Глубина, см	Щелочногидролизуемый азот по Корнфилду		Кислотогидролизуемый азот по Тюрину и Кононовой	
		2008 г	2016 г	2008 г	2016 г
Лес, (целина)	0 - 20	-	1229,2	817,3	-
	20 – 40	-	1151,8	703,9	-
	40 – 70	-	1144,4	703,2	-
	70 – 100	-	1289,0	717,4	-
Многолетние травы, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0 - 20	1238,5	1113,1	714,1	727,9
	20 – 40	1213,1	1029,2	732,5	751,8
	40 – 70	1068,2	1079,6	700,6	793,8
	70 – 100	683,3	1080,6	774,2	714,6

Продолжение табл.4					
Однолетние травы, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0 - 20	1250,2	1046,7	682,1	727,5
	20 – 40	1202,1	1084,6	731,0	749,1
	40 – 70	866,6	1040,7	676,3	770,6
	70 – 100	825,6	970,9	637,3	507,6
Пропашные культуры, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0 - 20	1173,2	1038,3	676,1	735,1
	20 – 40	1073,9	1090,6	763,4	727,7
	40 – 70	990,4	1071,7	671,3	715,8
	70 – 100	757,4	750,8	580,5	599,9
Долголетнее культурное пастбище, без удобрений	0 – 8	1116,2	1164,0	779,3	822,1
	8 – 23	1322,6	1063,0	751,6	743,5
	23 – 36	1156,1	1031,8	740,4	794,0
	36 – 51	1342,7	1274,5	849,6	736,9
	51 – 88	666,5	859,7	499,2	638,9
Долголетнее культурное пастбище, N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	0 – 8	-	1269,5	859,3	-
	8 – 23	-	1109,6	712,7	-
	23 – 36	-	792,6	532,1	-
	36 – 51	-	1021,8	705,5	-
	51 – 88	-	959,1	664,4	-
НСР_{0,05}	-	39,11	42,28	27,26	20,53
Оценка силы связи		2008 г. - r = 0,741; 2016 г. - r = 0,841			

Таблица 5. Запасы легкогидролизующихся соединений азота в почве при различном сельскохозяйственном использовании

Вид использования	Слой	Запасы, т/га					
		Щелочногидролизующий азот по Корнфилду			Кислотогидролизующий азот по Тюрину и Кононовой		
		2008 г.	2016 г.	Δ	2008 г.	2016 г.	Δ
Лес, (целина)	0-40 см	-	0,98	-	-	0,63	-
	0-100 см	-	2,44	-	-	1,48	-
Многолетние травы, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0-40 см	0,98	1,01	+0,03	0,59	0,67	+0,08
	0-100 см	2,27	2,30	+0,03	1,56	1,55	-0,01
Однолетние травы, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0-40 см	1,47	1,26	-0,21	0,88	0,77	-0,11
	0-100 см	2,48	2,49	+0,01	1,65	1,64	-0,01
Пропашные культуры, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0-40 см	1,54	1,35	-0,19	0,99	0,91	-0,08
	0-100 см	2,59	2,69	+0,10	1,80	1,82	+0,02
Долголетнее культурное пастбище, без удобрений	0-40 см	1,29	1,10	-0,19	0,77	0,76	-0,01
	0-88 см	2,17	2,19	+0,02	1,53	1,43	-0,10
Долголетнее культурное пастбище, N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	0-40 см	-	1,04	-	-	0,69	-
	0-88 см	-	2,16	-	-	1,46	-

Согласно результатам исследований (табл. 4), длительное возделывание сельскохозяйственных культур в целом приводит к снижению содержания азота легкогидролизующихся соединений (по Корнфилду и по Тюрину и Кононовой) как в сравнении с целиной, так и за период с 2008 по 2016 год. Относительные запасы азота легкогидролизующихся соединений при длительном различном антропогенном воздействии (табл. 5) также подвержены изменениям, характер которых зависит от возделываемой культуры и ее агротехники.

Легкогидролизуемые формы азота ряд исследователей называют «ближающим источником минерального азота», так как эти соединения в первую очередь подвергаются минерализации, в результате которой высвобождаются минеральные формы азота, которые непосредственно потребляются растениями. Согласно выдвинутым предположениям исследователей, изучавших легкогидролизуемые формы азота, коэффициент использования азота удобрений будет зависеть от содержания этих форм в почве. Высокое содержание легкогидролизуемого азота будет снижать коэффициент использования азота удобрения, низкое - увеличивать этот коэффициент.

Для подтверждения данного предположения нами проведен лизиметрический опыт с использованием стабильного изотопа ^{15}N с горчицей белой, выращенной на исследуемых почвах, взятых из-под многолетних трав и пропашных культур, имеющих разное содержание легкогидролизуемого азота. Именно горчица белая обладает хорошо выраженной реакцией на уровень азота в почве. Так как между кислотогидролизуемым и щелочногидролизуемым азотом выявлена тесная корреляционная связь (2008 г. $r = 0,741$; 2016 г. $r = 0,841$), очевидно, что влияние на коэффициент использования азота удобрений у обоих методов будет относительно близкое. Для исследования нами выбраны почвы с различным содержанием кислотогидролизуемого азота определяемого по Тюрину и Кононовой. На наш взгляд, этот метод, в отличие от метода Корнфилда, намного «мягче» и учитывает нитратный азот.

Схема опыта:

Почва из-под многолетних трав

Фон – (P₉₀K₁₂₀)

Фон + $^{15}\text{N}_{90}$

Почва из-под пропашных культур

Фон – (P₉₀K₁₂₀)

Фон + $^{15}\text{N}_{90}$

Таблица 6. Содержание кислотогидролизуемого азота в сосудах на момент закладки опыта и полученный коэффициент использования азота удобрений горчицей белой

Вариант	Повторность	Кислотогидролизуемый азот по Тюрину и Кононовой	КИУ горчицы белой
		мг/кг	%
Почва из-под многолетних трав			
Фон+ $^{15}\text{N}_{90}$	1	723,1	51,33
	2	717,3	55,87
	3	690,4	60,41
Почва из-под пропашных культур			
Фон+ $^{15}\text{N}_{90}$	1	716,3	56,96
	2	680,1	59,42
	3	646,5	61,88

Корреляционный анализ результатов исследования (табл. 6) выявил связь между содержанием кислотогидролизуемого азота и коэффициентом использования азота удобрений. Эта зависимость характеризуется тесной обратной корреляционной связью, $r = -0,713$, уравнение линейной регрессии для этой связи выглядит следующим образом $y = -0,0908x + 120,8118$, где y - коэффициент ис-

пользования азота удобрений, х- содержание кислотогидролизующего азота (рис. 1).

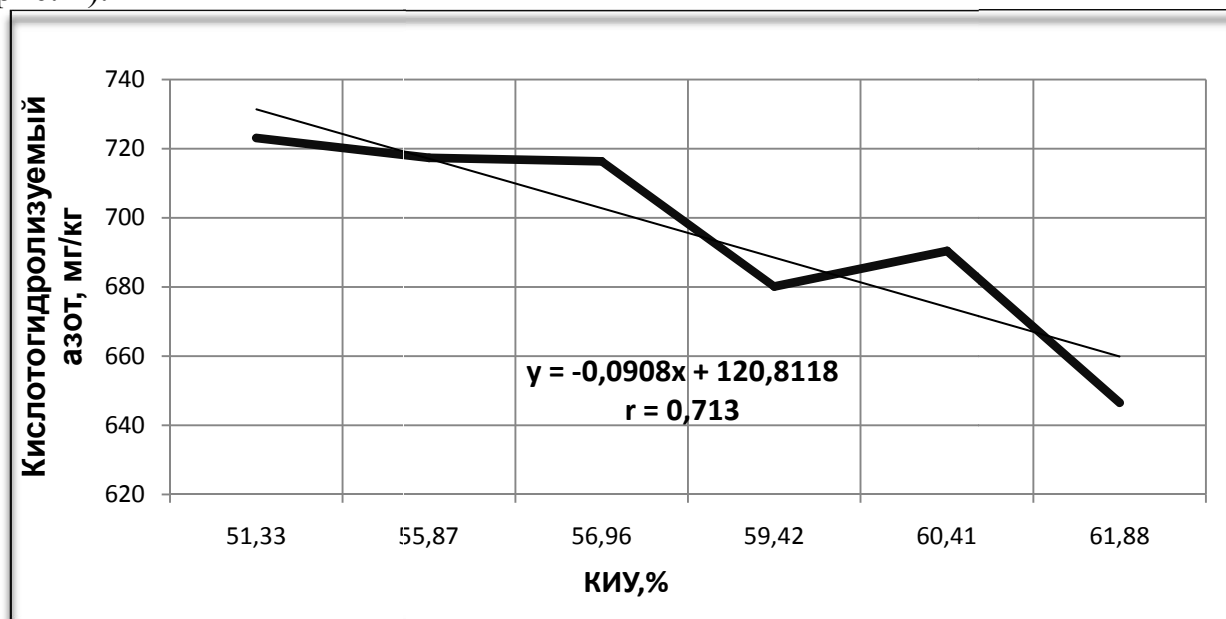


Рис. 1. Зависимость коэффициента использования азота удобрений от содержания кислотогидролизующего азота в почве

Тесная связь кислотогидролизующего азота с коэффициентом использования азота удобрений объясняется тем, что данный метод учитывает доступный азот для растений, а именно азот нитратов, поглощенного аммония и легкогидролизующих органических соединений.

Таким образом, результаты наших исследований подтверждают предположения многих авторов о значительной роли легкогидролизующих форм азота в питании растений, особенно на торфяных почвах в климатических регионах с суммой активных температур больше $\sum t_{\text{акт}} 1500 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Фракционный состав основных азотсодержащих органических соединений почвы по методу Бремнера

Таблица 7. Содержание азота основных азотсодержащих органических соединений исследуемых почв в 2008 г.

Азот в мг/100 гр.							
Глубина, см	Общий	Гидролизующий	Аммонийный	Аминокислотный	Гексозаминный	Неидентифицированный	Негидролизующий
Лес, (целина)							
0-20	2208,0	1298,8	309,5	342,8	111,8	534,7	909,2
20-40	1952,8	1114,7	260,2	334,9	61,9	457,7	838,1
40-70	1959,1	972,1	215,1	271,4	47,8	437,8	987,0
70-100	2215,7	1252,2	292,5	407,6	45,9	506,2	963,5
Среднее, %	100	55,51	12,88	16,23	3,19	23,21	44,49
Многолетние травы, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀							
0-20	2111,3	1236,9	339,7	400,8	109,8	386,6	874,4
20-40	2328,8	1198,7	331,6	379,2	132,4	355,5	1130,1
40-70	2306,4	1044,3	264,7	384,2	66,3	329,1	1262,1
70-100	1966,4	1017,0	207,1	357,4	85,5	367,0	949,4
Среднее, %	100	51,76	13,08	17,52	4,53	16,63	48,24

Продолжение табл.7							
Однолетние травы, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀							
0-20	2146,9	1234,7	358,4	425,6	137,6	313,1	912,2
20-40	2039,1	1136,7	259,9	410,9	103,9	362,0	902,4
40-70	1908,7	1064,9	220,2	343,3	98,4	403,0	843,8
70-100	1766,7	1010,0	186,3	326,7	87,4	409,6	756,7
<i>Среднее,%</i>	100	56,55	12,88	19,11	5,41	19,15	43,45
Пропашные культуры, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀							
0-20	2141,9	1161,3	261,7	435,7	151,3	312,6	980,6
20-40	1927,6	1038,6	229,1	303,2	97,2	409,1	889,0
40-70	1879,7	1187,5	203,3	319,8	88,0	576,4	692,2
70-100	2305,4	1201,3	252,1	374,5	107,3	467,4	1104,1
<i>Среднее,%</i>	100	55,85	11,46	17,33	5,36	21,70	44,15
Долголетнее культурное пастбище - без удобрений							
0-8	2023,0	1268,5	275,5	301,4	65,4	626,2	754,5
8-23	2000,4	1199,9	232,1	326,1	68,0	573,7	800,5
23-36	1951,2	1179,4	279,0	341,7	66,2	492,5	771,8
36-51	1735,5	1080,9	231,9	274,8	55,6	518,6	654,6
51-88	1783,7	1144,9	244,5	392,5	46,3	461,6	638,8
<i>Среднее,%</i>	100	61,92	13,32	17,31	3,16	28,13	38,08
Долголетнее культурное пастбище – N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀							
0-8	2139,4	1243,9	274,2	448,1	95,7	425,9	895,5
8-23	2210,6	1246,2	278,7	447,6	115,4	404,5	964,4
23-36	2297,6	1286,1	296,3	378,1	90,8	520,9	1011,5
36-51	1950,2	1029,2	189,3	305,5	82,4	452,0	921,0
51-88	1764,6	976,7	181,3	300,6	89,2	405,6	787,9
<i>Среднее,%</i>	100	55,72	11,66	18,06	4,58	21,42	44,28
НСР_{0,05}	101,29	20,17	8,03	20,24	11,67	-	-

Сравнение изменений азотного фонда почв при различном сельскохозяйственном использовании с целиной (табл. 7) показало, что за 41 год бессменного их возделывания распределение исследуемых фракций азота по профилю почвы различно и зависит от возделываемой культуры. Однако эти различия в структуре азотного фонда незначительны. Количество гидролизуемого азота уменьшается с глубиной.

Следует отметить, что сравнение содержания исследуемых фракций азота в почвах многолетних трав и пропашных культур между собой показало, что содержание легкогидролизуемого азота в верхнем 20 см слое существенно больше в почвах под травами, что главным образом, обусловлено превалированием мобильных фракций азота (аммонийного, α-аминокислотного). Это подтверждается нашим лизиметрическим опытом с коэффициентом использования азота удобрений при выращивании горчицы белой.

Таблица 8. Изменение запасов азота основных азотсодержащих органических соединений в исследуемых почвах по отношению к целинному аналогу

Запасы азота в т/га								
Год	Слой, см	Валовой	Гидролизуемый	Аммонийный	α -Аминокислотный	Гексозамминный	Неидентифицированный	Негидролизуемый
Лес, (целина)								
2016	0-40 см	17,1	9,9	2,3	2,8	0,7	4,1	7,2
	0-100 см	42,2	23,3	5,4	6,8	1,3	9,8	18,9
Многолетние травы, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀								
2016	0-40 см	20,6	11,5	3,1	3,7	1,1	3,6	9,1
	0-100 см	46,1	23,7	6,0	8,1	2,0	7,6	22,4
Δ 40 см		+3,5	+1,6	+0,8	+0,9	+0,4	-0,5	+1,9
Δ 100 см		+3,9	+0,4	+0,6	+1,3	+0,7	-2,2	+3,5
Однолетние травы, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀								
2016	0-40 см	22,9	13,0	3,4	4,6	1,3	3,7	9,9
	0-100 см	47,2	26,7	6,1	9,0	2,5	9,1	20,5
Δ 40 см		+5,8	+3,1	+1,1	+1,8	+0,6	-0,4	+2,7
Δ 100 см		+5	+3,4	+0,7	+2,2	+1,2	-0,7	+1,6
Пропашные культуры, N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀								
2016	0-40 см	26,0	14,7	3,3	5,0	1,7	4,7	11,3
	0-100 см	55,6	31,2	6,4	9,7	3,0	12,1	24,4
Δ 40 см		+8,9	+4,8	+1	+2,2	+1	+0,6	+4,1
Δ 100 см		+13,4	+7,9	+1	+2,9	+1,7	+2,3	+5,5
Долголетнее культурное пастбище - без удобрений								
2016	0-40 см	19,7	12,0	2,6	3,2	0,7	5,5	7,7
	0-88 см	40,1	25,0	5,3	7,4	1,2	11,1	15,1
Δ 40 см		+2,6	+2,1	+0,3	+0,4	0,0	+1,4	+0,5
Δ 88 см		-	-	-	-	-	-	-
Долголетнее культурное пастбище - N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀								
2016	0-40 см	22,1	12,4	2,8	4,1	1,0	4,5	9,7
	0-88 см	42,8	23,8	4,9	7,6	2,0	9,3	19,0
Δ 40 см		+5	+2,5	+0,5	+1,3	+0,3	+0,4	+2,5
Δ 40 см*		+2,4	+0,4	+0,2	+0,9	+0,3	-1	+2
Δ 88 см*		+2,7	-1,2	-0,4	+0,2	+0,8	-1,8	+3,9
Стат. обр. при P-0,95		V=39,8% m=11,5%	V=38,8% m=11,2%	V=35,4% m=10,2%	V=39,6% m=11,4%	V=46,4% m=13,3%	-	-

*-в сравнении с вариантом ДКП без удобрений

Изменения структуры азотного фонда по профилю почвы по сравнению с целинной почвой (41 год) показало, что в целом возделывание сельскохозяйственных культур способствует увеличению относительных запасов практически всех исследуемых фракций азота (табл. 8).

Степень и характер изменения структуры азотного фонда торфяных низинных почв, в основном, обусловлен применением минеральных удобрений или их не использованием. В первом случае происходит увеличение запасов азота α -аминокислот и негидролизуемого, во втором снижение запасов наиболее подвижных фракций азота (аммонийного, α -аминокислотного, гексозаминного).

Гумусовое состояние и азот гумусовых кислот

Таблица 9. Распределение азота гумусовых веществ по профилю почвы под различными сельскохозяйственными культурами и целиной

Глубина, см	Гумусовые вещества				Гуминовые кислоты			Фульвокислоты			СГК СФК
	С, %	Азот, мг/100 г		C/N	С, %	N, мг/100 г	C/N	С, %	N, мг/100 г	C/N	
		Общий	N-NH ₂								
Лес, (целина)											
0-20	16,92	1100,4	297,1	15,3	10,72	397,5	26,9	6,20	405,7	15,2	1,72
20-40	18,47	764,5	249,7	24,1	13,96	255,4	54,6	4,51	259,4	17,3	3,09
40-70	13,93	1123,7	206,4	12,3	10,84	414,6	26,1	3,09	502,6	6,1	3,50
70-100	8,89	991,2	280,8	8,9	6,41	284,4	22,5	2,47	426,0	5,7	2,58
Многолетние травы, N₆₀P₆₀K₁₂₀											
0-20	17,05	1041,5	326,0	16,3	12,82	234,7	54,6	4,22	480,7	8,7	2,22
20-40	18,80	1002,6	315,0	18,7	15,02	187,1	80,2	3,77	500,5	7,5	2,33
40-70	25,31	1048,0	251,4	24,1	18,02	293,5	61,3	7,28	503,1	14,4	2,11
70-100	30,59	1103,8	196,7	27,7	21,25	448,6	47,3	9,33	458,4	20,3	3,28
Однолетние травы, N₆₀P₆₀K₁₂₀											
0-20	13,55	872,4	340,5	15,5	10,50	371,5	28,2	3,05	160,4	19,0	3,03
20-40	32,00	1150,4	246,8	27,8	23,37	617,8	37,8	8,62	285,8	30,1	3,98
40-70	27,37	1119,2	213,5	24,4	19,21	603,9	31,8	8,16	301,7	27,0	2,47
70-100	34,07	1172,7	180,7	29,0	25,12	675,6	37,1	8,95	316,4	28,2	2,27
Пропашные культуры, N₆₀P₆₀K₁₂₀											
0-20	15,54	714,8	253,8	21,7	11,59	303,0	38,2	3,94	158,0	24,9	2,94
20-40	17,99	833,6	222,2	21,5	12,04	285,7	42,1	5,95	325,7	18,2	2,02
40-70	24,34	962,3	197,2	25,2	16,18	356,3	45,4	8,16	408,8	19,9	1,98
70-100	10,35	744,3	244,5	13,9	7,38	302,0	24,4	2,97	197,8	15,0	2,47
Многолетнее культурное пастбище – без удобрений											
0-8	11,01	704,8	264,4	15,6	5,67	132,3	42,8	5,34	308,0	17,3	1,06
8-23	14,63	734,6	222,8	19,9	10,73	207,2	51,7	3,90	304,6	12,8	2,75
23-36	24,33	1038,2	252,7	23,4	18,40	416,8	44,1	5,92	368,7	16,0	3,10
36-51	21,57	857,2	222,6	25,1	16,28	271,0	60,0	5,28	363,6	14,5	3,08
51-88	13,56	562,7	234,6	24,0	10,60	110,9	95,5	2,96	217,2	13,6	3,57
Многолетнее культурное пастбище – N₉₀P₆₀K₉₀											
0-8	12,06	1161,5	263,2	10,3	8,45	572,4	14,7	3,61	325,9	11,0	2,34
8-23	16,21	1304,5	267,5	12,4	11,49	785,0	14,6	4,72	252,0	18,7	2,43
32-36	16,38	1275,1	284,4	12,8	13,03	695,8	18,7	3,35	294,9	11,3	3,88
36-51	21,38	1212,0	181,6	17,6	12,91	450,6	28,6	8,47	579,7	14,6	1,52
51-88	18,23	1009,3	175,8	18,0	9,81	431,8	22,7	8,41	401,6	20,9	1,16
НСР_{0,05}	1,931	101,29	8,23	-	0,743	31,71	-	0,561	37,11	-	-

Результаты исследований показали (табл. 9), что различная степень антропогенного воздействия на торфяных низинных почвах в условиях Кировской области определяет интенсивность и характер изменения содержания азота гуминовых и фульвокислот. Выявлена относительная устойчивость фракции амидного азота гумусовых веществ к длительному (41 год) бессменному сельскохозяйственному использованию, в связи с наименьшими колебаниями (175,8-340,5 мг/100г), при этом отмечена тенденция к снижению этого показателя вниз по профилю почвы.

Анализ распределения углерода гумусовых кислот за 41 год различного антропогенного воздействия (табл. 9) показал, что характер накопления или

уменьшения, а так же распределения по профилю почвы зависит от возделываемой культуры и ее агротехники. Во всех исследуемых объектах среди гумусовых веществ по содержанию углерода доминирующее положение занимают гуминовые кислоты.

Таким образом, длительное бесменное возделывание различных сельскохозяйственных культур оказывает заметное влияние на гумусовое состояние и азот гумусовых кислот.

Потенциальная возможность торфяных почв продуцировать минеральный азот

Исследования нитрификационной способности почв под различными сельскохозяйственными культурами при их бесменном возделывании на протяжении 41 года, показали, что наибольшее количество нитратного азота в 40 см слое способна продуцировать почва под однолетними травами (5,5 мг/100 г), наименьшее почвы под пастбищем и пропашными культурами (2,03-2,83 мг/100 г). Почвы из-под многолетних трав и леса в аналогичном слое продуцируют одинаковое количество нитратного азота (4,62-4,78 мг/100 г).

Результаты исследования азотминерализующей способности почв показали, что максимальной азотминерализующей способностью в верхнем 40 см слое обладают почвы под многолетними травами, в среднем 19,7 мг/100 г ($\sum N-(NH_4+NO_3)$), а наименьшей почвы под пропашными культурами 6,9 мг/100 г. Азотминерализующая способность почв однолетних трав и долголетнего культурного пастбища находится в узком среднем диапазоне – 10,6-8,99 мг/100 г. Аналогичная способность почвы под лесом составила 15,7 мг/100 г. что несколько ниже почвы многолетних трав, но при этом существенно выше остальных сельскохозяйственных культур.

Достоверно установлена связь между интенсивностью микробиологических процессов, разложением органического вещества в почве и обеспеченностью растений доступным азотом. В связи с этим, оптимизация азотного режима торфяных низинных почв, является важнейшим фактором, определяющим урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, а также долготу эксплуатации торфяника.

ГЛАВА 4. ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ НА ТОРФЯНЫХ НИЗИННЫХ ПОЧВАХ

Продуктивность и качество многолетних трав

Таблица 10. Продуктивность многолетних трав за период 2016-2018 гг.

Год	Урожайность сухой массы, ц/га	Сбор кормовых единиц с 1 га	Обменная энергия, ГДж/га	Сбор перевариваемого протеина, кг/га
2016	61,1	4691	59,8	697
2017	69,6	5185	67,2	682
2018	53,7	3834	50,7	740
Среднее за 3 года	61,5	4570	59,2	706
<i>НСР_{0,05}</i>	3,81	-	-	-

Результаты исследования показали, что продуктивность многолетних трав на торфяных низинных почвах за период 2016-2018 года в среднем за три года составляет 61,5 ц/га сухого вещества. Сбор кормовых единиц с гектара за три года составил в среднем 4570. Сбор обменной энергии и переваримого протеина корма из травостоя многолетних трав в среднем за три года составляет 59,2 ГДж/га и 706 кг/га соответственно. Продуктивность заметно варьировала по годам, наибольшая продуктивность многолетних трав была в 2017 году, что связано с благоприятными погодными условиями.

Таблица 11. Качество урожая многолетних трав за период 2015-2017 гг (% а.с.в)

Год	N	P	K	Ca	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	БЭВ
2015	2,30	0,32	0,92	0,71	14,1	28,2	3,10	49,6
2016	2,32	0,34	1,10	0,95	13,6	27,6	2,28	51,6
2017	2,31	0,30	1,03	0,86	14,4	28,5	2,60	49,8
Среднее за 3 года	2,31	0,32	1,01	0,84	14,0	28,1	2,66	50,6
<i>HCP_{0,05}</i>	0,094	0,051	0,202	0,258	-	1,51	1,331	2,67

Результаты по исследованию качества травостоя многолетних трав показали, что за трехлетний период показатели качества были стабильны и изменения по годам были незначительными. Среднее содержание за трехлетний период: азота - 2,31%, фосфора - 0,32%, калия - 1,01%, кальция - 0,84%, сырого протеина - 14,0%, сырой клетчатки - 28,1%, сырого жира - 2,66, БЭВ - 50,6% на абсолютно сухое вещество.

Таким образом, несмотря на бессменное возделывание многолетних трав в течение 41 года, показатели продуктивности и качества трав остаются на уровне многолетних значений характерных для данного региона.

Продуктивность и качество однолетних трав

Таблица 12. Продуктивность однолетних трав за период с 2016-2018 гг.

Год	Урожайность сухой массы, ц/га	Сбор кормовых единиц с 1 га	Обменная энергия, ГДж/га	Сбор перевариваемого протеина, кг/га
2016	46,6	3351	44,2	499
2017	43,6	3170	41,6	261
2018	28,3	2000	22,4	310
Среднее за 3 года	39,5	2840	36,1	356
<i>HCP_{0,05}</i>	5,17	-	-	-

Продуктивность горохо-овсяной смеси на торфяных низинных почвах за период 2016-2018 года в среднем составила 39,5 ц/га сухого вещества. Сбор кормовых единиц, обменной энергии и перевариваемого протеина с гектара за три года составил в среднем 2840 ед., 36,1 ГДж и 356 кг соответственно. Низкая урожайность однолетних трав в 2018 году связана с небольшим количеством осадков за вегетационный период (меньше многолетней нормы).

Таблица 13. Качество урожая однолетних культур за период 2015-2016 гг (% на а.с.в.)

Год	N	P	K	Ca	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	БЭВ
2015	2,03	0,48	1,37	0,88	14,60	28,4	2,80	54,0
2016	1,50	0,37	2,34	0,62	9,54	28,8	2,28	42,2
2017	1,63	0,32	1,75	0,64	10,18	28,3	2,75	53,8
Среднее за 3 года	1,72	0,39	1,82	0,71	11,44	28,5	2,61	50,0
<i>HCP_{0,05}</i>	0,241	0,083	0,416	0,181	-	1,01	1,401	3,02

Анализ показателей качества травостоя однолетних трав показал, что за трехлетний период они были относительно не стабильны и заметно варьировали по годам. Средние показатели качества травостоя за трехлетний период составили: азота - 1,72%, фосфора - 0,39% , калия – 1,82%, кальция – 0,71%, сырого протеина – 11,44%, сырой клетчатки – 28,5%, сырого жира – 2,61%, БЭВ – 50,0% в пересчете на абсолютно сухое вещество.

Длительное бессменное возделывание однолетних трав на протяжении 41 года, не оказывает существенного влияния на показатели продуктивности и качества их травостоя, изменение этих величин в основном связаны с климатическими условиями года, но при этом остаются на уровне средних многолетних значений для этой культуры в условиях Кировской области.

Продуктивность и качество пропашных культур (картофель)

Таблица 14. Продуктивность кормового картофеля за период с 2016-2018 гг.

Год	Урожайность сухой массы, ц/га	Сбор кормовых единиц с 1 га	Обменная энергия, ГДж/га	Сбор перевариваемого протеина, кг/га
2016	50,6	3311	54,1	501
2017	37,0	2536	35,2	143
2018	40,6	2834	41,5	350
Среднее за 3 года	42,7	2893	43,6	331
<i>НСР_{0,05}</i>	8,12	-	-	-

Анализ продуктивности кормового картофеля сорта Невский показал, что за период с 2016 по 2018 год его продуктивность значительно колебалась по годам. В среднем за три года она составила 42,7 ц/га сухого вещества, что обусловило сбор с гектара в среднем за три года 2893 кормовых единиц, обменной энергии 43,6 ГДж и 331 кг перевариваемого протеина.

Таблица 15. Качество урожая кормового картофеля за период с 2015 по 2017 гг. (% на а.с.в.)

Год	N	P	K	Ca	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	БЭВ
2015	1,69	0,25	1,88	0,33	10,70	2,20	0,30	81,3
2016	1,95	0,29	2,03	0,05	11,37	3,87	0,65	79,6
2017	1,46	0,28	2,02	0,21	9,14	1,11	0,36	85,0
Среднее за 3 года	1,70	0,27	1,97	0,19	10,40	2,39	0,43	81,9
<i>НСР_{0,05}</i>	0,233	0,033	0,110	0,091	-	1,545	0,191	4,05

Анализ качества кормового картофеля показал, что его показатели значительно изменялись по годам. Наилучшие показатели качества отмечены в 2016 году, в год максимальной урожайности этой культуры. Средние показатели качества за 3 года составили; азота - 1,7%, фосфора - 0,27% , калия – 1,97%, кальция – 0,19%, сырого протеина – 10,4%, сырой клетчатки – 2,39%, сырого жира – 0,43, БЭВ – 81,9%.

При длительном бессменном возделывании пропашных культур отмечены значительные колебания урожайности по годам, из-за неустойчивых климатических условий, но при этом показатели качества практически не меняются.

Продуктивность и качество долголетнего культурного пастбища

Таблица 16. Урожайность долголетнего культурного пастбища по циклам стравливания за 2016-2017 гг. (ц/га сухого вещества)

Вариант	Контроль	N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	HCP _{0,5}
2016 год			
Циклы	I	17,7	24,9
	II	12,9	13,9
	III	14,9	19,4
	IV	14,7	17,4
Σ		60,2	75,6
Прибавка		-	+15,4
2017 год			
Циклы	I	15,0	21,4
	II	14,7	13,6
	III	16,2	17,2
	IV	9,5	11,7
Σ		55,4	63,9
Прибавка		-	+8,5
Средняя прибавка		-	+12

Анализ урожайности по циклам стравливания показал, что в варианте с применением минеральных удобрений, урожайность 1 и 3 стравливания многолетних трав выше, чем 2-го и 4-го. Это объясняется действием азотных удобрений, внесенных под первое I и III стравливание.

Таблица 17. Продуктивность долголетнего культурного пастбища за 2015-2018 гг.

Год	Урожайность сухой массы, ц/га	Сбор кормовых единиц с 1 га	Обменная энергия, ГДж/га	Сбор перевариваемого протеина, кг/га
Контроль, (без удобрений)				
2015	58,1	4789	58,9	742
2016	60,2	5364	63,1	620
2017	55,4	5257	61,0	775
2018	57,0	5187	60,8	640
Среднее за 4 года	57,7	5149	60,9	694
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀				
2015	72,1	5974	73,3	1018
2016	75,6	6607	79,0	831
2017	63,9	6217	70,5	958
2018	73,6	6100	77,9	960
Среднее за 4 года	71,3	6224	75,2	942
Прибавка к средней	+13,6	+1075	+14,3	+248
<i>HCP_{0,05}</i>	3,75	-	-	-

Показатели продуктивности заметно колебались по годам. Средняя прибавка урожайности пастбищного травостоя от применения минеральных удобрений за период с 2015-2018 составляет 13,6 ц/га. Применение минеральных удобрений за четырехлетний период увеличивает: сбор кормовых единиц в среднем на 1075 ед.; сбор обменной энергии в среднем на 14,3 ГДж/га; сбор перевариваемого протеина в среднем на 248 кг/га. Сбор перевариваемого протеи-

на в годы исследований определялся климатическими условиями, так как основными факторами, обуславливающими химический состав растений, является влага и температура.

Таблица 18. Качество урожая долголетнего культурного пастбищного травостоя за 2015-2017 гг (% на а.с.в.)

Год	N	P	K	Ca	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	БЭВ
Контроль								
2015	3,15	0,47	2,08	1,19	17,8	24,1	3,81	46,3
2016	2,62	0,48	1,40	1,21	15,0	21,1	3,31	53,5
2017	3,07	0,51	1,15	1,20	19,2	21,1	3,18	49,9
Среднее за 3 года	2,94	0,49	1,54	1,20	17,3	22,1	3,43	49,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀								
2015	3,48	0,52	2,72	1,11	19,8	24,5	4,00	46,3
2016	2,82	0,54	2,32	1,12	15,9	21,4	3,72	51,2
2017	3,27	0,60	2,60	1,11	20,4	21,0	3,49	47,1
Среднее за 3 года	3,19	0,55	2,55	1,11	18,7	22,3	3,73	48,2
Δ	+0,25	+0,06	+1,01	-0,09	+1,4	+0,2	+0,30	-1,7
<i>HCP_{0,05}</i>	0,211	0,047	0,416	0,058	-	0,17	0,231	2,67

Анализ качества пастбищного травостоя показал, что за трехлетний период эти показатели заметно изменялись по годам. Применение минеральных удобрений в среднем за трехлетний период способствует: увеличению азота на 0,25%, фосфора на 0,06%, калия на 1,01%, сырого протеина на 1,4%, сырой клетчатки на 0,2%, сырого жира на 0,3%. Так же отмечено снижение кальция на 0,09% и безазотистых экстрактивных веществ на 1,7%.

Бессменное возделывание многолетних трав в условиях пастбища, как с применением минеральных удобрений, так и без них не оказывает сильного влияния на продуктивность и качество травостоя. Кроме того, использование пастбищным травостоем питательных веществ из экскрементов животных и минеральных удобрений позволяет получать высокие урожаи корма хорошего качества.

ГЛАВА 5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СРАБОТКИ ТОРФА, КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СТЕПЕНИ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЛИТЕЛЬНОГО БЕССМЕННОГО ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Таблица 19. Изменение мощности и массы органического вещества торфяной почвы при длительном (41 год) сроке освоения

Культура	Мощность торфяной залежи, см		Среднегодовая убыль, см	Масса органического вещества, т/га		Среднегодовая убыль, т/га
	1975 г.*	2016 г.		1975 г.*	2016 г.	
Многолетние травы	153,7	132,5	0,55	2843	2793	1,54
Однолетние травы	149,7	101,6	1,25	2919	2829	2,80
Пропашные культуры	150,1	92,0	1,56	2822	2714	3,54

*-по данным Уланова А.Н.

Таблица 20. Удельный расход органического вещества торфа в кг на единицу основных показателей продуктивности исследуемых культур

Культура	Удобрения	Сухое вещество (на 1 кг СВ)	Кормовые ед. (на 1 к.е.)	Обменная энергия (на 1 ГДж)	Сырого протеина (На 1 кг)
Многолетние травы	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0,250	0,337	26,0	2,18
Однолетние травы	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0,708	0,986	77,5	7,86
Пропашные культуры	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0,829	1,223	81,1	10,69

Сравнительная оценка продуктивности и сработки торфяной почвы под различными сельскохозяйственными культурами при бессменном возделывании на протяжении 41 года показала что, производство многолетних трав наиболее целесообразно, на что указывает максимальная продуктивность этих культур и минимальная величина затрат торфа при его сработке на единицу продукции (табл. 10,12,14,19,20).

На основании этих данных произведен расчет приблизительного срока сработки метрового слоя торфяной почвы и потенциального валового сбора кормовых единиц в севооборотах с различными соотношениями (многолетних трав, однолетних и пропашных культур), основой которых служат многолетние травы (табл. 21).

Таблица 21. Расчетные данные по потенциальным срокам сработки торфа и валовому сбору кормовых единиц в севообороте

Соотношение культур, %*	Потенциальный срок сработки 1 м торфяной почвы в севообороте, лет	Потенциальный валовой сбор к.е. в севообороте с 1 га
75:20:5	154-149	671648-651092
75:12,5:12,5	153-148	668494-648135
70:20:10	148-144	639775-619783
70:15:15	148-142	637673-617812
50:30:20	126-122	516490-498491
50:25:25	126-121	514388-496520
40:30:30	115-110	452745-435874

*- Многолетние травы: Однолетние культуры: Пропашные культуры.

Исследования указывают, что на торфяных почвах в условиях Кировской области, многолетние травы должны быть основой кормовых севооборотов, но обязательно с включением однолетних и пропашных культур. Расчеты возможного срока сработки и потенциального валового сбора кормовых единиц в условиях севооборота при эксплуатации метровой толщи среднеспелой торфяной почвы в условиях Кировской области показали, что наиболее рациональным соотношением между многолетними, однолетними и пропашными культурами является 75:20:5. Это соотношение, по нашим расчетам позволит эксплуатировать метровую толщу среднеспелой торфяной почвы на протяжении 149-154 лет, и собрать с 1 га от 651092 до 671648 кормовых единиц за этот период, или 4360 кормовых единиц с 1 га ежегодно.

ГЛАВА 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ДОЛГОЛЕТНЕГО КУЛЬТУРНОГО ПАСТБИЩА

Расчет экономической эффективности применения минеральных удобрений показал, что по сравнению с вариантами совместного внесения азотно-фосфорных, азотно-калийных удобрений и с односторонним внесением азотных удобрений, применение полного минерального удобрения ($N_{90}P_{90}K_{90}$) в условиях долголетнего культурного пастбища наиболее экономически эффективно. Внесение полного минерального удобрения способствует максимальной прибавке урожайности на 68 ц/га зеленой массы и максимальному чистому доходу 20251 руб./га, что позволяет получать дополнительных 1,33 рубля с 1 рубля затрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Максимальная степень антропогенного воздействия на торфяную низинную почву свойственна возделыванию пропашных культур, минимальная – многолетним травам, возделывание однолетних трав занимает промежуточное положение. Основные изменения свойств и режимов торфяных освоенных почв приурочено к верхнему 40 см слою почвы. Главным фактором, определяющим увеличение относительных запасов элементов питания, в этих почвах является резкое увеличение объемной массы верхнего слоя почвы, в основном за счет активно идущих минерализационных процессов.

2. Легкогидролизуемые формы азота в торфяных почвах Кировской области (Σt 1650-1800°C) играют важнейшую роль в питании растений. Это подтверждается опытом со стабильным изотопом ^{15}N , где выявлена тесная обратная связь коэффициента использования азота удобрений с содержанием кислото-гидролизуемого азота в почве.

3. Бессменное возделывание сельскохозяйственных культур на протяжении 8 лет приводит к изменению структуры азотного фонда этих почв. Так, в структуре азотного фонда почв под многолетними и однолетними травами отмечено увеличение долей азота α -аминокислот и негидролизуемого азота в среднем на 2,55% и 22,5%, и уменьшение долей аммонийного, гексозаминного и неидентифицированного в среднем на 2,85%, 1,23% и 20,96%. В почве под пропашными культурами существенно изменяется только доля аммонийного (-2,22%), α -аминокислотного (+5,17%) и неидентифицированного азота (-3,61%). В структуре азотного фонда почвы под пастбищем без применения удобрений значительно сокращается доля подвижных фракций азота (аммонийного -5,52%; α -аминокислотного -2,37%; гексозаминного – 2,69%), при увеличении доли неидентифицированного (+1,76%) и негидролизуемого азота (+9,04%).

4. Сравнение структуры азотного фонда исследуемых почв с целинным аналогом показало, что за 41 год бессменного возделывания сельскохозяйственных культур наиболее заметные колебания характерны долям неидентифицированного, гидролизуемого и негидролизуемого азота, величина колебаний которых составляет 11,5% и 10,16%. Колебания остальных фракций азота в структуре этого фонда относительно минимальны и в среднем (по фракциям) составляют 2,2%.

5. Длительное (41 год) бессменное возделывание сельскохозяйственных культур с применением минеральных удобрений не приводит к снижению их урожайности и качества продукции. Эффективность применяемых удобрений, главным образом зависит от климатических условий вегетационного периода.

6. Длительное возделывание сельскохозяйственных культур приводит к неизбежной сработке торфяной почвы. Главным фактором, определяющим скорость этого неизбежного процесса, является агротехника возделываемых культур.

7. Прекращение применения минеральных удобрений на долголетнем культурном пастбище за 8 летний период, несмотря на поступление элементов питания с экскрементами выпасаемого скота (N - 25,5 кг/га, P₂O₅ - 3,9 кг/га, K₂O - 13,8 кг/га) приводит к резкому снижению, как содержания, так и запасов наиболее подвижных соединений азота. Изменение запасов азота основных азотсодержащих органических соединений при применении удобрений на пастбище, в сравнении с вариантом без их применения, в большей мере обусловлено резким снижением запасов азота этих соединений в контрольном варианте.

8. Расчеты по сработке торфа показали, что метровая толща среднемошной торфяной почвы при бессменном возделывании многолетних трав в условиях Кировской области ($\sum t$ 1650-1800°C) сработается за 175-180 лет. При производстве зерновых культур и однолетних трав за 75-80 лет, а при возделывании только пропашных культур за 60-64 года.

9. Наибольшая убыль мощности торфяника и расход торфа на производство единицы продукции за 41 год бессменного возделывания сельскохозяйственных культур отмечены при выращивании пропашных культур (1,56 см/год; 1,223 кг_{торфа}/к.е.), наименьшие при возделывании многолетних трав (0,55 см/год; 0,337 кг_{торфа}/к.е.). При этом, продуктивность многолетних трав в сухом веществе значительно превышает аналогичную у пропашных культур.

Предложения производству

Для продления срока службы и рационального агроэкологического использования торфяных низинных освоенных почв в условиях Северо-Востока Европейской части РФ с суммой активных температур 1650-1800°C в структуре севооборотов при применении минеральных удобрений доля многолетних трав должна составлять 70-75%, доля пропашных культур 5-6%, остальные площади должны быть заняты однолетними культурами. Это позволит получать ежегодно около 4300 кормовых единиц с 1 га при минимальных затратах органического вещества торфа в 2,2 т/га.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Для углубления исследований по данной теме, поиска путей для увеличения срока существования торфяника и получения высокой и качественной продукции сельскохозяйственных культур, в дальнейшем необходимо уделить внимание исследованию: корректировки доз применяемых минеральных удобрений (особенно азотных), уровню грунтовых вод, использованию новых высокопродуктивных культур и сортов на данном типе почв.

**Основные положения научно-квалификационной работы опубликованы
в следующих изданиях:**

В изданиях рекомендованных ВАК РФ:

1. Уланов А.Н., Царенко В.П., **Горский А.С.** Азотный фонд торфяных почв и продуктивность многолетнего культурного пастбища при применении удобрений в условиях Северо-Востока Европейской части РФ. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Санкт-Петербург: СПбГАУ. 2017. - №2 (47). - С 69-74.
2. Царенко В.П., Уланов А.Н., **Горский А.С.** Изменение агрохимических свойств освоенных торфяных почв при длительном возделывании сельскохозяйственных культур. // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Санкт-Петербург: СПбГАУ. 2018. - №2 (51). - С 94-99.
3. Царенко В.П., **Горский А.С.** Азотный режим освоенных торфяных почв Северо-Востока РФ (на примере Кировской ЛОС). // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Санкт-Петербург: СПбГАУ. 2018. - №4 (53). - С 93-98.
4. Царенко В.П., Уланов А.Н., **Горский А.С.** Органическое вещество и азот торфяной почвы под пастбищем длительного использования // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Санкт-Петербург: СПбГАУ. 2019. - №3 (56). - С 81-86.
5. Царенко В.П., Уланов А.Н., **Горский А.С.** Сравнительная оценка продуктивности и сработки торфяной почвы под сельскохозяйственными культурами при их длительном бессменном возделывании // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. Санкт-Петербург: СПбГАУ. 2020. - №1 (58). - С 96-103.

В других изданиях:

1. Царенко В.П., **Горский А.С.** Питательный режим освоенных торфяных низинных почв разной интенсивности сельскохозяйственного использования. // Гумус и почвообразование. Санкт-Петербург: СПбГАУ. 2017. - №21. СПб. - С.11-15.
2. Царенко В.П., **Горский А.С.** Сравнительная оценка нитрифицирующей способности торфяных низинных почв разной степени антропогенного воздействия. // Гумус и почвообразование. Санкт-Петербург: СПбГАУ. 2017. - №21. СПб. - С.15-19.
3. **Горский А.С.** Влияние бессменного возделывания многолетних трав на питательный режим торфяной почвы. // Качественный рост российского агропромышленного комплекса: возможности, проблемы и перспективы. // Материалы деловой программы XXVII международной агропромышленной выставки «АГРОРУСЬ – 2018». Санкт-Петербург: 2018. – С 92 – 94.

Соискатель

Горский А.С.