

На правах рукописи

**АХТИМОВА
Анастасия Андреевна**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛОМЫ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ
ГУМУСОВОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЁМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО
ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЗАУРАЛЬЯ**

Специальность
06.01.04 – агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Тюмень – 2018

Работа выполнена на кафедре почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО
Государственный аграрный университет Северного Зауралья

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор кафедры почвоведения и агрохимии ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»
Ерёмин Дмитрий Иванович

Официальные оппоненты: **Синявский Игорь Васильевич,** доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры экологии, агрохимии и защиты растений ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»

Плотников Алексей Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой землеустройства, земледелия, агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится «22» мая 2018 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 999.114.02 при ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» по адресу: 625003, г. Тюмень, ул. Республики 7.

Телефон/факс 8(3452) 29-01-52, e-mail: dissgausz@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного аграрного университета Северного Зауралья и на сайте <http://www.tsaa.ru>

Автореферат разослан «21» марта 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор с.-х. наук

Турсумбекова Галина Шалкаровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. При вовлечении почв в сельскохозяйственный оборот кардинально меняется почвообразовательный процесс. Это обусловлено тем, что под действием механических обработок в почве изменяются режимы увлажнения, температуры, аэрации и питания. При смене естественной растительности на сельскохозяйственную изменяется количественная и качественная характеристика растительных остатков, поступающих в почву. Это способствует к изменению гумусообразования и, как следствие, плодородия пахотных почв.

Многократно возрастающая активность почвенной микрофлоры на фоне дефицита растительных остатков усиливает процесс дегумификации пашни, что подтверждается многочисленными исследованиями по всей России (Иванов В.Д. и др., 2001; Кутькина Н.В., Еремина И.Г., 2013; Коваленко Н.А. и др., 2013; Габбасова И.М. и др., 2016; Унканжинов Г.Д., Болдырева Л.А., 2016). По данным Г.Д. Гогмачадзе (2010), более 90% пашни РФ нуждаются в дополнительном внесении органических удобрений. В частности, С.Г. Котченко и А.Я. Воронин (2016) отмечали, что в Тюменской области все пахотные почвы крайне остро нуждаются в органических удобрениях. Многие сельскохозяйственные предприятия перешли на минеральную систему удобрений, поскольку отказ от органических удобрений даёт возможность снизить себестоимость получаемой продукции. Внесение минеральных удобрений стимулировало активность почвенной микрофлоры, что на фоне высокой аэрации пахотного горизонта усиливает минерализацию растительных остатков и гумуса. Восстановление запасов гумуса возможно за счёт внесения органических удобрений. Однако аграрии не вносят их в нужном количестве, исходя из экономических соображений. В результате своих исследований Е.П. Ренёв (1999) установил, что экономически целесообразно перевозить органические удобрения на расстояния не более 5 км от места их заготовки. По этой причине внесение навоза сосредоточено на прифермских полях, которые в настоящее время высокогумусированы и зачастую характеризуются нарушением азотного питания. На удалённых полях органические удобрения не вносятся десятилетиями, поэтому там проблема гусусообразования стоит наиболее остро.

Одним из решений проблемы дегумификации почв, вовлечённых в пахотный фонд, считается использование соломы зерновых культур в качестве дешевого, но в тоже время эффективного органического удобрения. При формировании урожая 3,0 т/га зерна яровой пшеницы образуется 3,0-3,2 т/га соломы, что соответствует 10-11 тоннам навоза.

Возможности восстановления гумусового состояния пахотных чернозёмов лесостепной зоны Зауралья за счёт запашки соломы зерновых культур изучены недостаточно. Для создания балансовой модели гумусообразования пахотных почв Северного Зауралья общепринятые коэффициенты минерализации и гумификации органического вещества не подходят из-за региональных почвенно-климатических особенностей, поэтому необходимо определить соответствующие коэффициенты, учитывающие специфику гумусообразования на антропогенно-преобразованных почвах.

Цель исследований - стабилизация гумусового состояния чернозёма выщелоченного в лесостепной зоне Северного Зауралья.

Задачи исследования:

- изучить динамику содержания гумуса при использовании соломы в качестве органического удобрения;
- определить коэффициенты гумификации соломы. Установить взаимосвязь между гумификацией и химическим составом соломы;
- установить коэффициент минерализации органического вещества пахотного чернозёма при внесении минеральных удобрений;
- изучить биологические особенности накопления питательных веществ в соломе зерновых культур, выращенных при различном уровне минерального питания;
- исследовать интенсивность разложения соломы и изменение её химического состава на различных агрофонах;
- изучить возможности регулирования разложения соломы при использовании механической обработки почвы и агрохимикатов (мочевина, Компостный чай, гуминовый препарат);
- дать биоэнергетическую оценку динамики почвенного органического вещества пахотного чернозёма при внесении соломы и минеральных удобрений.

Научная новизна. Впервые в лесостепной зоне Зауралья определены коэффициенты минерализации гумуса и гумификации соломы на полях с различным агрофоном. Изучен процесс трансформации запахиваемой соломы на различных агрофонах и системах основной обработки почвы (отвальная, безотвальная, нулевая). Установлено влияние агрохимикатов (Росток, Компостный чай, мочевина) на процесс разложения соломы зерновых культур. Даны биоэнергетическая оценка органического вещества пахотного чернозёма лесостепной зоны Зауралья.

Практическая значимость работы. Положительный баланс гумуса чернозёма выщелоченного обеспечивает ежегодная запашка соломы зерновых культур и внесение минеральных удобрений на планируемую

урожайность 3,0-4,0 т/га зерна. Внедрение результатов исследований выполнено в Тюменской области в ООО «Сибирия» на площади 3080 га, что обеспечило общий экономический эффект в размере 3850000 рублей. Результаты исследований используются в учебном процессе по дисциплинам: «Почвоведение», «Агропочвоведение», «Система удобрений» и «Экология почв».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Положительный баланс гумуса чернозёма выщелоченного обеспечивает запашка соломы на фоне внесения удобрений на планируемую урожайность 3,0-4,0 т/га зерна.

2. Повышение уровня минерального питания на урожайность свыше 4,0 т/га зерна усиливает разрушение гумуса и растительных остатков. Коэффициент минерализации возрастает с 1,1 до 1,6; коэффициент гумификации растительных остатков уменьшается с 0,20 до 0,06.

Апробация работы. Результаты исследований докладывались на научно-практических конференциях: «Новый взгляд на решение проблем АПК» (Тюмень, 2015), «Научные достижения и открытия современной молодёжи» (Пенза, 2016; 2017), «Современные научно-практические решения в АПК» (Тюмень, 2017). Результаты были номинированы в конкурсах на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых учёных (Тюмень, 2015; Самара, 2015).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 статей, в том числе 9 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Личный вклад. В основу настоящей работы положены собственные исследования автора. Автор принимала непосредственное участие в составлении методики опыта, самостоятельно провела опыты и наблюдения в полевых и лабораторных условиях, обобщила и проанализировала экспериментальные данные, подготовила публикации по теме диссертации и написала текст диссертации.

Объём и структура диссертации. Работа изложена на 156 стр. компьютерного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения, предложения производству и содержит 35 таблиц, 24 рисунка. Список литературы включает 192 источника, в том числе 14 иностранных.

Автор благодарит за помощь научного руководителя д. б. наук, профессора Ерёмина Д.И. и коллектив кафедры Почвоведения и агрохимии ГАУ Северного Зауралья за поддержку и сотрудничество в проведении исследований и обсуждении их результатов. Отдельную благодарность выражаем д. б. наук, профессору И.В. Греховой; д. с.-х. наук, профессору А.С. Иваненко; к. с.-х. наук, доценту Н.В. Фисунову.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 Обзор литературы

В главе представлен обзор работ ведущих учёных по изучению гумусового состояния пахотных почв в России и зарубежных странах при использовании минеральных удобрений, механических обработок и агрохимикатов.

2 Природные условия и методика проведения исследований

2.1 Агроклиматические условия места проведения исследований

Опыт по стабилизации гумусового состояния чернозёма выщелоченного проводили на опытном поле ГАУ Северного Зауралья, который расположен вблизи д. Утёшево Тюменского района Тюменской области в 2013-2016 гг.

Климат северной лесостепи континентальный, тёплый, умеренно увлажнённый. Характеризуется холодной и продолжительной зимой, а также коротким и умеренно жарким летом (Иваненко А.С., Кулясова О.А., 2008).

Метеорологические условия вегетационного периода 2013-2015 гг. характеризовались как умеренно-увлажнённые и тёплые. В 2016 году осадки выпадали преимущественно в первой половине вегетации, когда температура была незначительно выше среднемноголетних значений. Во вторую половину вегетации установилась жаркая и сухая погода.

2.2 Характеристика почвы опытного поля ГАУ Северного Зауралья

Почва опытного поля – чернозём выщелоченный, маломощный, тяжелосуглинистый, пылевато-иловатый, сформировавшийся на карбонатном покровном суглинке. Морфогенетические признаки и основные свойства характерны для данного подтипа лесостепной зоны Зауралья (Абрамов Н.В., Ерёмин Д.И., 2008).

2.3 Материал и методика проведения исследований

Исследования включали в себя следующие опыты:

Опыт 1. Изучение особенностей разложения соломы зерновых культур на пашне с различным уровнем минерального питания. Варианты предусматривали:

1. Контроль (без удобрений);
2. NPK на 3,0 т/га зерна, (2014 г. N₂₃P₁₁₀; 2015 г. N₂₀P₁₀₀; 2016 г. N₈₀P₁₀);
3. NPK на 4,0 т/га зерна, (2014 г. N₈₀P₁₆₀; 2015 г. N₃₅P₈₀; 2016 г. N₁₂₀P₄₀);
4. NPK на 5,0 т/га зерна, (2014 г. N₁₂₅P₂₀₀; 2015 г. N₁₃₀P₇₀; 2016 г. N₂₀₀P₆₅);
5. NPK на 6,0 т/га зерна, (2014 г. N₁₇₀P₂₅₅; 2015 г. N₁₃₀P₁₃₀; 2016 г. N₂₅₀P₁₀₀ кг д.в. на га).

Опыт 2. Влияние агрохимикатов на процесс трансформации измельчённой соломы. Перед заделкой соломы в почву обрабатывали агрохимикатами:

1. Контроль, обработка соломы водой;
2. Раствор мочевины (1%-ный) – диамид угольной кислоты, распространенное азотистое удобрение с массовой долей азота 46%;
3. Натуральный гуминовый препарат «Росток» в концентрации 0,1%, стимулирующий рост и развитие растений, адаптируя их к природным и техногенным воздействиям (Грехова И.В., 2015; Дерябина Ю.М., 2016);
4. Экстракт продуктов жизнедеятельности дождевых червей (Soil improver 1%), содержащий ферменты и биологически активные вещества «Компостный чай». Находится на стадии разработки и внедрения кафедрой общей биологии ГАУ Северного Зауралья.

Опыт 3. Влияние системы обработки на разложение соломы. Исследования выполняли в зернопаровом севообороте (однолетние травы – озимая пшеница – яровая пшеница). Ежегодно вносили минеральные удобрения на планируемую урожайность яровой пшеницы 3,5 т/га (2014 г. N₄₂P₁₂₀; 2015 г. N₄₀P₈₀; 2016 г. N₄₅P₄₂ кг д.в. на га). Схема опыта:

1. Отвальная, на глубину 20-22 см;
2. Безотвальная, на глубину 20-22 см;
3. Нулевая.

Исследования в опыте 1 и 2 выполняли в зерновом севообороте (горохо-овсяная смесь – яровая пшеница – овёс), чередование культур за годы исследований не менялось. Дозу удобрений рассчитывали ежегодно на планируемую урожайность яровой пшеницы методом элементарного баланса. Размеры делянки – 4x25 м (100 м²), учётная площадь – 50 м². Размещение делянок последовательное, в четырёхкратном повторении. Солому зерновых культур измельчали и разбрасывали по вариантам. Учёт массы соломы и отбор её на опыты выполняли при сноповом анализе. Минеральные удобрения вносили в один срок перед посевом.

Обработку почвы (отвальная), проводили после уборки культур на глубину 20-22 см. Весной при наступлении физической спелости почвы боронили в 4 следа. В день посева поле культивировали на глубину 8-10 см.

Предварительно высушеннную и нарезанную (длиной не более 5 см) солому, массой 15 г помещали в пакеты из стеклоткани. Образцы размещали на поверхности почвы и задельвали на глубину 10, 20 и 30 см, моделируя её распределение в пахотном слое. Закладку образцов соломы выполняли в третьей декаде сентября, после основной обработки почвы (табл. 1). Перед культивацией (май) образцы с глубины 0-10 см извлекали и опять задельвали после проведения всех агротехнических мероприятий.

Таблица 1 – Схема закладки и извлечения соломы из почвы

Наименование	Периоды экспозиции				
	I	II	III	IV	V
Закладка	Сентябрь	Сентябрь	Сентябрь	Сентябрь	Сентябрь
Извлечение	Октябрь	Май	Июнь	Июль	Сентябрь
Срок экспозиций, месяц	1	8	9	10	12

Максимальная экспозиция длилась 12 месяцев. После извлечения образцов остатки земли аккуратно сметали щёткой, а солому промывали в минимальном количестве холодной воды. Отмытую массу соломы помещали в термостат и сушили до воздушно-сухого состояния при температуре 105°C. Определяли в ней необходимые показатели: зольность (ГОСТ 26714-85); сухой остаток (ГОСТ 26713-85); органическое вещество (ГОСТ 27980-88); азот (ГОСТ 13496.4-93); фосфор (ГОСТ 26657-85); калий (ГОСТ 30504-97); органическое вещество в почве (ГОСТ 26213-91); баланс гумуса в почве (ГНУ ВНИПТИОУ, 2003); биоэнергетическая оценка почв (Пуртова Л.Н., 2004); статистическая обработка данных (Доспехов Б.А., 1985); расчёт НСР для средних данных за годы исследований (Короневский В.И., 1985).

3 Гумусовое состояние пахотного чернозёма при использовании соломы в качестве органического удобрения

3.1 Содержание и запасы гумуса при систематическом внесении минеральных удобрений и запашке соломы

Запашка соломы зерновых культур, выращенных без минеральных удобрений, не обеспечивает стабилизацию гумусового состояния пахотного чернозема. За 22 года запасы гумуса в пахотном слое уменьшились на 24 т/га, что соответствовало его потере 1,1 т/га в год (рис. 1).

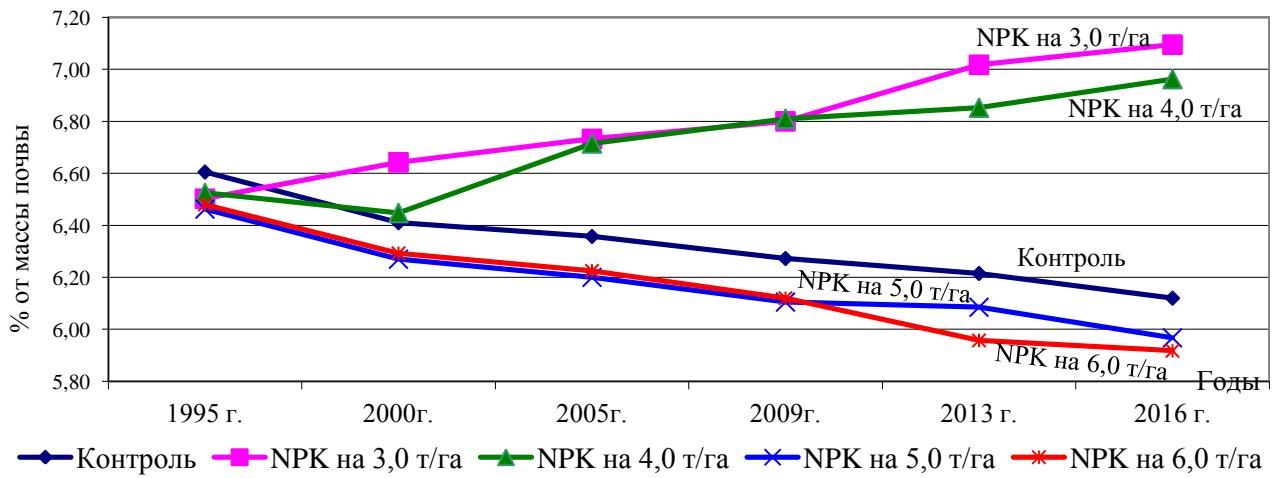


Рисунок 1 – Динамика содержания гумуса в слое 0-40 см пахотного чернозёма выщелоченного при различном уровне минерального питания зерновых культур и запашке соломы, 1995-2016 гг. (Данные 1995-2012 гг.

Д.И. Ерёмина), % от массы почвы

Систематическое внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 и 4,0 т/га зерна обеспечивало положительную динамику запасов гумуса. С 1995 по 2016 год запасы гумуса увеличились на 29 и 21 т/га соответственно. Внесение высоких доз минеральных удобрений (NPK свыше 4,0 т/га зерна) при существующей системе земледелия, приводило к ежегодным потерям 1,1-1,2 т/га гумуса, несмотря на запашку соломы.

3.2 Содержание и запасы гумуса при различных способах основной обработки почвы и запашке соломы

Запашка соломы совместно с внесением минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,5 т/га зерна обеспечивала положительный баланс гумуса. Ежегодно в пахотном слое образуется 1,1 т/га гумуса (рис. 2). Отсутствие заделки соломы в почву (безотвальная и нулевая обработка) создавало благоприятные условия для её минерализации, что приводит к ежегодной потере 1,4 и 0,8 т/га гумуса.

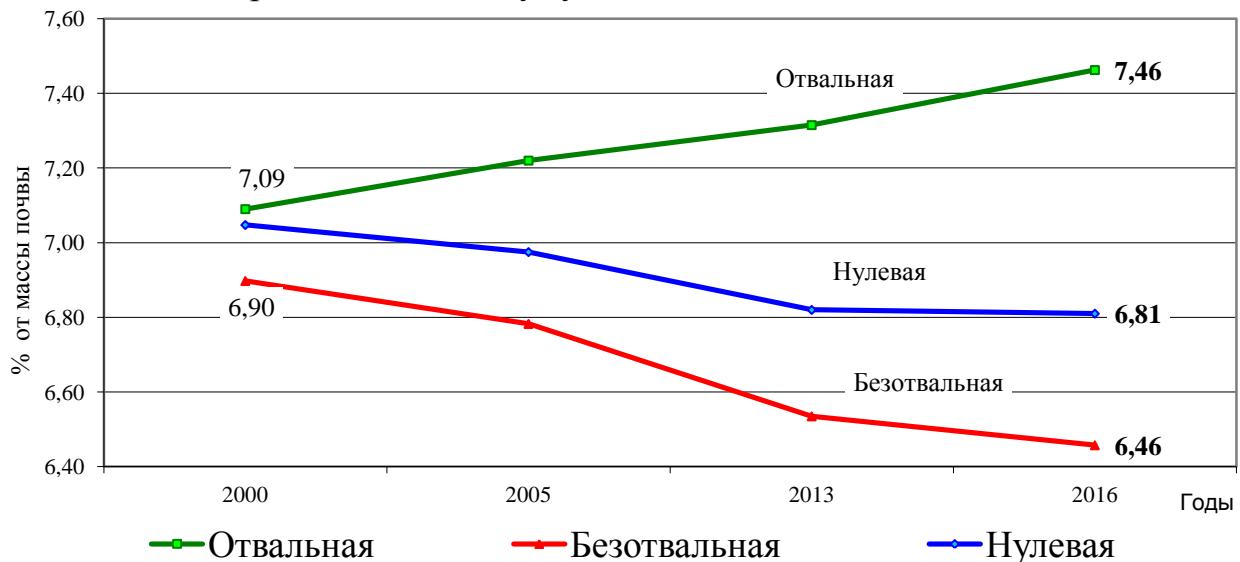


Рисунок 2 – Динамика содержания гумуса в слое 0-40 см при использовании измельчённой соломы на различных системах основной обработки почвы, 2000-2016 гг. (Данные 2000-2012 гг. Н.В. Фисунова), % от массы почвы.

3.3 Коэффициенты минерализации гумуса и гумификации запаханной соломы

Стандартный коэффициент минерализации почвенного органического вещества на пашне (1,0% от валового содержания) может быть использован при расчетах баланса гумуса на полях лесостепной зоны Зауралья. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность до 4,0 т/га зерна не влияло на коэффициент минерализации. Высокий агрофон (NPK более 5,0 т/га зерна) увеличивал коэффициент минерализации гумуса до 1,4-1,5% от валового содержания органического вещества почвы (рис. 3).

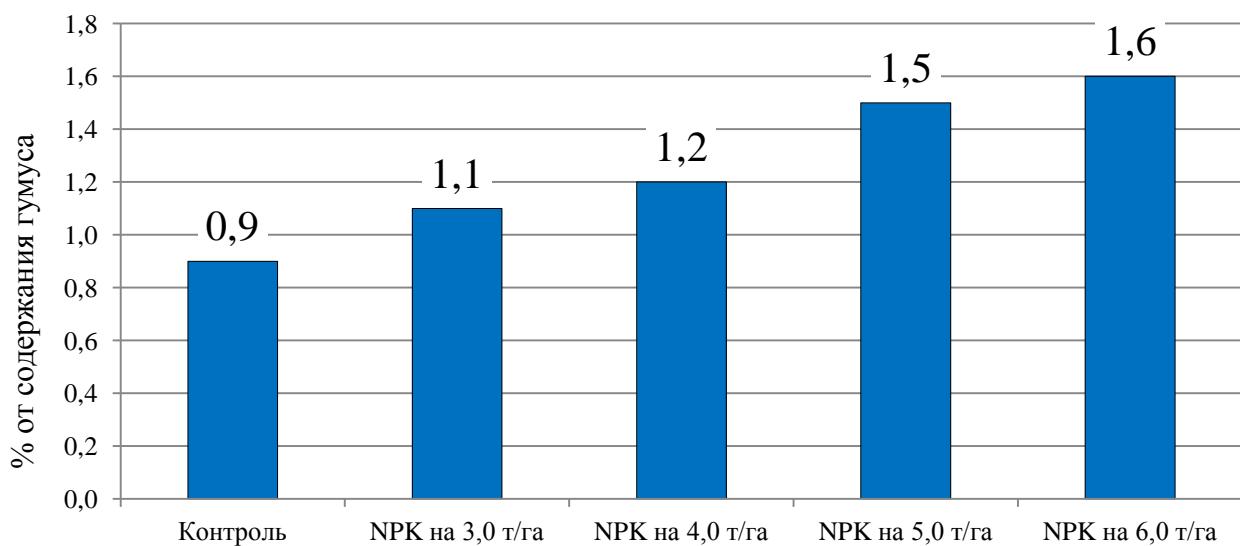


Рисунок 3 – Влияние минеральных удобрений на коэффициент минерализации гумуса пахотного чернозема выщелоченного 2011-2016 гг., % от содержания гумуса (Данные 2011-2012 гг. Д.И. Ерёмина)

Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 и 4,0 т/га зерна усиливало процесс трансформации растительных остатков в гумус – коэффициент гумификации возрастал с 0,10 до 0,20 % (рис. 4). Дальнейшее повышение уровня минерального питания уменьшало данный показатель до 0,06 %.

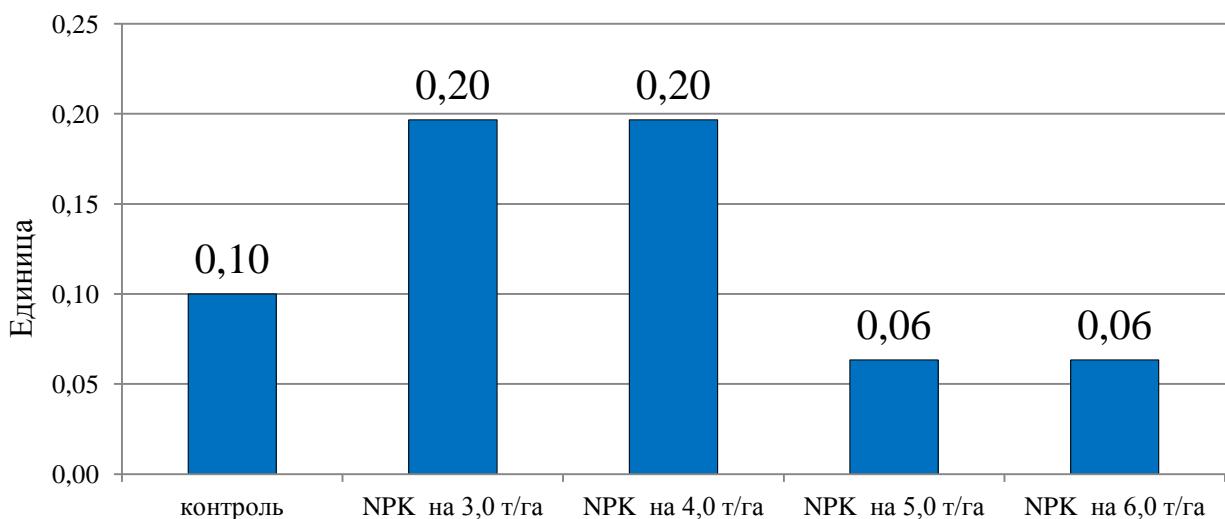


Рисунок 4 – Коэффициенты гумификации запахиваемой соломы, при внесении минеральных удобрений, 2014-2016 гг.

3.4 Баланс гумуса чернозёма выщелоченного при запашке соломы

Использование полученных коэффициентов гумификации и минерализации в балансовой модели гумусообразования, рассчитанной по методике ВНИПТИОУ, обеспечивало достоверными расчётыми данными, приближающими к фактическим значениям (табл. 2).

Таблица 2 – Расчёт баланса гумуса по методике ВНИПТИОУ с использованием собственных коэффициентов гумификации и минерализации, т/га, 1995-2016 г.г.

Показатели	Контроль	NPK на 3,0 т/га	NPK на 4,0 т/га	NPK на 5,0 т/га	NPK на 6,0 т/га
Минерализовалось гумуса, т/га	11,0	17,0	22,9	35,1	39,8
Образовалось гумуса, т/га	11,3	24,4	29,3	14,1	14,8
Баланс, +; -, т/га	0,3	7,4	6,4	-21,0	-25,0
за 1 год, т/га	0,0	0,3	0,3	-1,0	-1,1
Данные 1995-2012 гг. Д.И.Еремина					

4 Способы регулирования гумусового состояния чернозёма выщелоченного

4.1 Изменение химического состава соломы зерновых культур под действием минеральных удобрений

Выращивание зерновых культур на естественном агрофоне привело к формированию соломы с низким содержанием азота (0,5-0,7% от массы). Установлена высокая корреляционная связь между дозами удобрений и содержанием азота в соломе ($r=0,94$). Уравнение регрессии соответствует следующему типу: $y=0,002 \times X+0,7$, где; у – содержание азота в соломе, %; X – дозы азотных удобрений, кг д.в./га. Уравнение достоверно в диапазоне внесения азотных удобрений от 0 до 350 кг д.в./га.

Внесение минеральных удобрений увеличивало накопление азота в соломе почти в 2 раза относительно контроля и повышало содержание калия с 0,7 до 1,1% (табл. 3) Минеральные удобрения не оказывали существенного влияния на содержание фосфора в соломе зерновых культур.

Таблица 3 – Химический состав соломы яровой пшеницы, выращенной на вариантах с различным агрофоном, 2010-2016 гг.

Варианты	Содержание в воздушно-сухой массе, %					
	N	P	K	Ca	Mg	Зола
Контроль (без удобрений)	0,7	0,2	0,7	0,3	0,1	3,5
NPK на 3,0 т/га	0,9	0,2	0,9	0,3	0,1	3,8
NPK на 4,0 т/га	0,8	0,2	1,1	0,4	0,1	3,8
NPK на 5,0 т/га	1,1	0,2	1,1	0,4	0,2	4,2
NPK на 6,0 т/га	1,2	0,2	1,0	0,3	0,1	4,5
HCP ₀₅	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Данные 2010-2012 гг. Д.И. Ерёмина						

4.2 Динамика содержания азота, фосфора, калия и углерода при деструкции соломы

Динамика соотношения углерода к азоту в соломе при её разложении. При содержании азота в соломе менее 0,71% от массы скорость его высвобождения на поверхности почвы в течение 8 месяцев экспозиции минимальна. При более высоком содержании азота в соломе потери в осенний период возрастили. Независимо от агрофона содержание азота в соломе, расположенной на поверхности почвы за 12 месяцев экспозиции уменьшалось с 0,69 до 0,19-0,26% от массы. С июня содержание азота в растительных остатках повышалось за счет нарастания на её поверхности микробной биомассы. Отношение углерода к азоту на протяжении 8 месяцев с момента запашки соломы в почву, увеличивалось с 39 до 131; в последующем данный показатель сокращался до 84. При запашке соломы на глубину 30 см на естественном агрофоне С:N достигает 71 и 84 соответственно. С повышением агрофона потери азота в запаханной соломе уменьшались.

Высвобождение азота из соломы, расположенной на поверхности, не зависело от системы отвальной и безотвальной обработки почвы. При нулевой обработке почвы содержание азота в соломе уже в осенний период уменьшилось на 28% в сравнении с отвальной обработкой. Отношение углерода к азоту возросло с 68 до 197. Запашка способствовала увеличению содержания азота в соломе с 0,67 до 0,94% от массы в осенний период. Отношение углерода к азоту в соломе через 12 месяцев экспозиции на варианте с отвальной обработкой почвы меньше в сравнении с безотвальной и нулевой.

Обработка соломы, оставшейся на поверхности почвы Ростком и Компостным чаем, способствовала сохранению отношения углерода к азоту на одном уровне – 71. При обработке мочевиной этот показатель возрастал почти в 3 раза, достигая 184. Обработка запахиваемой соломы Компостным чаем привела к увеличению содержания азота в ней с 0,69 до 0,82% от массы в осенний период, тогда как остальные препараты не оказали достоверного влияния.

Динамика содержания фосфора в соломе при её разложении. Содержание фосфора в запаханных растительных остатках, к июню достигает минимальных значений – 0,07% от массы. Запашка соломы не оказывала влияния на скорость высвобождения фосфора. Из соломы, находящейся на поверхности почвы, фосфор высвобождался медленнее, достигая минимального значения в июле.

Различные системы основной обработки почвы не оказывали влияния на высвобождение фосфора из соломы расположенной на поверхности почвы

и в пахотном горизонте. Минимальное содержание фосфора в соломе через 12 месяцев экспозиции достигло 0,03-0,06% от массы.

Обработка соломы агрохимикатами с первого месяца экспозиции оказывало положительное влияние на высвобождение фосфора из соломы, расположенной на поверхности почвы и в пахотном горизонте. Содержание фосфора за 12 месяцев экспозиции достигало 0,02-0,05% от массы. Максимальная скорость высвобождения фосфора из запаханной на глубину 20 и 30 см соломы проходила с сентября по июнь следующего года. Обработка соломы Компостным чаем оказывала пролонгированное действие на высвобождение фосфора из неё.

Динамика содержания калия в соломе при её разложении. К маю содержание калия в соломе, используемой в качестве органических удобрений, уменьшалось с 0,70-1,10% до 0,20-0,10% от массы. Минеральные удобрения и расположение соломы в почве не оказывали влияния на процесс снижения калия из неё.

Высвобождение калия из соломы, расположенной на поверхности почвы с различной системой основной её обработки, происходит в осенний и весенний периоды года. При заделке соломы в почву, период, требующийся на выход калия из соломы, увеличивался и длился с сентября по июль, далее его снижение прекращалось, достигая своего минимума – 0,10% от массы.

Обработка соломы Компостным чаем способствовала увеличению скорости выхода калия из неё. Содержание калия за первый месяц экспозиции уменьшилось с 0,67 до 0,30% от массы. В более поздние сроки эффект от обработки соломы агрохимикатами снижался.

4.3 Влияние факторов на разложение соломы, используемой в качестве органических удобрений

Скорость разложения соломы на естественном агрофоне и при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность до 4,0 т/га зерна составляла: на поверхности почвы 18-20%; запаханной – 38-39% за 12 месяцев экспозиции (табл. 4). На высоком агрофоне (NPK на 5,0 и 6,0 т/га зерна) скорость разложения соломы увеличивалась до 30 и 43% соответственно. Установлена тесная корреляционная зависимость между скоростью разложения соломы и содержанием азота в растительных остатках ($r=0,76$). Регрессионное уравнение, достоверное в диапазоне планируемой урожайности до 6,0 т/га зерна, имеющее вид: $y=8,112 \times X + 32,99$; где: y – убыль массы соломы, %; X – содержание азота в растительных остатках, %.

Солома, расположенная на поверхности варианта с нулевой обработкой, подвержена более сильному разрушению относительно отвальной и безотвальной обработки. За 12 месяцев экспозиции убыль составила 23% от массы, тогда как на вариантах с отвальной и безотвальной обработкой почвы

17 и 16% соответственно. Солома на поверхности пашни, минерализуется с мая по сентябрь. Запашка усиливает её минерализацию – в среднем по слоям убыль за 12 месяцев экспозиции составила 39-42% от массы. Процесс разложения соломы при безотвальном рыхлении не отличался от вспашки. Минерализация соломы в пахотном горизонте на нулевой обработке выше относительно вспашки – убыль за 12 месяцев экспозиции достигла 50% от массы. Разложение запаханных растительных остатков начиналось в осенний период – убыль за первый месяц экспозиции достигал 12-17% от массы.

Таблица 4 – Убыль массы запаханной соломы при различном уровне минерального питания (0-30 см), %, 2013-2016 гг.

Варианты (фактор А)	Периоды экспозиций (фактор В)				
	I	II	III	IV	V
Контроль	11	23	28	31	38
NPK на 3,0 т/га	13	21	29	31	39
NPK на 4,0 т/га	14	22	27	31	39
NPK на 5,0 т/га	15	24	29	31	41
NPK на 6,0 т/га	16	26	31	37	43

Период экспозиции: I – сентябрь-октябрь; II – сентябрь-май; III – сентябрь-июнь; IV – сентябрь-июль; V – сентябрь-сентябрь
HCP₀₅ по фактору A=1; HCP₀₅ по фактору B=2; HCP₀₅ по взаимодействию AB=3

Обработка соломы агрохимикатами оказывала положительное влияние на её разложение, как на поверхности почвы, так и в пахотном горизонте. Эффект от их применения составлял 5-7 и 9-12% соответственно.

5 Питательный режим чернозёма выщелоченного при внесении минеральных удобрений и заделке соломы

На варианте, где минеральные удобрения не вносили, содержание нитратного азота в слое 0-40 см от посева до фазы кущения зерновых культур увеличивалось в 2,7 раза за счёт повышения микробиологической активности. Внесение минеральных удобрений стимулировало почвенную микрофлору, тем самым дополнительно увеличивало содержание нитратного азота в течение вегетации зерновых культур. Содержание нитратов на удобренных вариантах в течение вегетации яровой пшеницы варьировало в пределах от 7,6 до 55,4 мг/кг почвы. Отвальная система обработки почвы активизировало почвенную микрофлору, тем самым увеличивала содержание нитратного азота в пахотном чернозёме. Обеспеченность и динамика содержания подвижных форм фосфора и калия зависела от доз вносимых удобрений.

6 Биоэнергетическая и экономическая оценка запашки измельчённой соломы на чернозёме выщелоченном

Возделывание зерновых культур без внесения минеральных удобрений приводило к постепенному ухудшению биоэнергетического потенциала пахотного чернозёма. Ежегодная убыль энергии составляла 3,8 млн ккал/га в год. Внесение минеральных удобрений на 3,0 и 4,0 т/га зерна при отвальной системе обработке почвы накапливало 12,2 и 9,6 млн ккал/га в год в почвенном органическом веществе. Дальнейшее повышение уровня минерального питания негативно влияло на биоэнергетическое состояние органического вещества пахотных чернозёмов. Ежегодное снижение энергии достигало 4,6 млн ккал/га.

Запашка соломы зерновых культур, особенно на полях, где вносились минеральные удобрения, может снизить затраты при выращивании следующей культуры за счет экономии средств, выделяемых на минеральные удобрения. При запашке соломы яровой пшеницы экономическая эффективность составляла 11167 руб./га. С увеличением уровня минерального питания прибыль увеличивалась в 1,8 раза.

Заключение

1. Запашка соломы зерновых культур, выращенных без минеральных удобрений, не обеспечивало стабилизацию гумусового состояния пахотного чернозема. Ежегодные потери в пахотном горизонте достигали 1,1 т/га гумуса. Систематическое внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 и 4,0 т/га зерна обеспечивало положительный баланс гумуса. С 1995 по 2016 годы запасы гумуса увеличились на 29 и 21 т/га соответственно. Запашка соломы на фоне внесения высоких доз минеральных удобрений (NPK выше 4,0 т/га зерна), приводит к ежегодным потерям 1,1-1,2 т/га гумуса. Отсутствие заделки соломы в почву (безотвальная и нулевая обработка) создаёт благоприятные условия для её минерализации, что приводит к ежегодной потере 1,4 и 0,8 т/га гумуса соответственно.

2. Внесение азотных удобрений на планируемую урожайность до 4,0 т/га зерна не влияет на коэффициенты минерализации (1,0% от валового содержания) и гумификации (0,20) растительных остатков. Более высокие дозы азотных удобрений увеличивают коэффициент минерализации гумуса до 1,5-1,6% и уменьшают коэффициент гумификации до 0,06.

3. Внесение минеральных удобрений увеличивало накопление азота в соломе зерновых культур с 0,5 до 1,2% от массы. Установлена высокая корреляционная связь между дозами удобрений и содержанием азота в соломе ($r=0,94$). Уравнение регрессии соответствует следующему типу: $y=0,002 \times X + 0,7$, где y – содержание азота в соломе, %; X – доза азотных

удобрений, кг д.в./га. Содержание фосфора в соломе зерновых культур, выращенных на вариантах с различным агрофоном, не изменяется. Накопление калия в соломе зерновых культур обусловлено влиянием минеральных удобрений и биологическими особенностями вида.

4. Лучшие условия для высвобождения азота из соломы создаются при его содержании более 0,71% и запашке на глубину 20-30 см. Отношение углерода к азоту в запаханной соломе увеличивается до 39-84, тогда как на поверхности – 168-241.

5. Высвобождение фосфора и калия из соломы не зависит от системы основной обработки, глубины заделки и агрохимикатов. К июлю следующего года высвобождалось до 90% фосфора и калия, находящихся в соломе.

6. Скорость разложения соломы на естественном агрофоне и при внесении минеральных удобрений на планируемую урожайность до 4,0 т/га зерна составляло: на поверхности почвы 18-20%; запаханной – 38-39% за 12 месяцев экспозиции. На высоком агрофоне (NPK на 5,0 и 6,0 т/га зерна) скорость разложения соломы увеличивалась до 30 и 43% соответственно. Установлена тесная корреляционная зависимость между скоростью разложения соломы и содержанием азота в растительных остатках ($r=0,76$).

7. Солома, расположенная на поверхности варианта с нулевой обработкой, разрушается на 6-7% быстрее в сравнении с отвальной и безотвальной обработки почвы. При запашке соломы процесс её трансформации начинается в осенний период – за первый месяц экспозиции убыль массы составляет 12-17% от массы.

8. Обработка соломы Ростком и Компостным чаем оказывает положительное влияние на её разложение. Эффект от их применения составлял 5-12% соответственно. Благоприятное отношение углерода к азоту (62 и 38) складывалось только при запашке соломы на глубину 20-30 см, тогда как на поверхности C:N достигает 108.

9. В период от посева до кущения содержание нитратного азота увеличивалось в 2,7 раза за счёт повышения микробиологической активности. Внесение минеральных удобрений оказывало стимулирующие действие на почвенную микрофлору и повышало содержание нитратов до 55,4 мг/кг в фазу кущения, что в 5 раз больше естественного агрофона. Отвальная система обработки способствовала увеличению содержания нитратного азота на 21 и 29% соответственно относительно безотвальной и нулевой обработки почвы.

10. Возделывание зерновых культур без внесения минеральных удобрений ухудшало биоэнергетический потенциал пахотного чернозёма. Ежегодная убыль энергии составляла 3,8 млн ккал/га в год. Внесение минеральных удобрений на 3,0 и 4,0 т/га зерна при отвальной системе

обработке почвы накапливало 12,2 и 9,6 млн ккал/га в год в почвенном органическом веществе. Дальнейшее повышение уровня минерального питания негативно влияло на биоэнергетическое состояние органического вещества пахотных чернозёмов. Ежегодное снижение энергии достигало 4,6 млн. ккал/га.

11. Запашка соломы зерновых культур способствовала снижению затрат на выращивание следующей в севообороте культуры в севообороте за счет экономии средств выделяемых на минеральные удобрения. Экономическая эффективность запашки соломы достигала 11167 руб./га.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ

Для стабилизации гумусового состояния чернозёма выщелоченного в лесостепной зоне Зауралья необходима запашка соломы и внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность зерновых культур не более 4,0 т/га. Для ускорения процесса разложения соломы необходимо обработать её 1%-ным раствором Компостного чая или Ростка с нормой 400 мл препарата на 400 л/га воды.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Ерёмин Д.И. Влияние уровня минерального питания на скорость разложения соломы яровой пшеницы в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Ерёмин, **А.А. Ахтямова** // Агропродовольственная политика России. – 2015. – № 2. – С. 68-71.
2. Ерёмин Д.И. Возможности ускорения разложения соломы яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Зауралья / Д.И. Ерёмин, **А.А. Ахтямова** // Агропродовольственная политика России. – 2015. – № 4. – С. 35-38.
3. Ерёмин Д.И. Регулирование скорости разложения запахиваемой соломы в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Ерёмин, **А.А. Ахтямова** // Агропродовольственная политика России. – 2016. – № 12(60). – С. 54-57.
4. Ерёмин Д.И. Химический состав растительных остатков сельскохозяйственных культур, выращенных на различном агрофоне в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Ерёмин, **А.А. Ахтямова** // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 2(125). – С. 32-38.
5. Ерёмин Д.И. К вопросу стабилизации гумусного состояния пахотных чернозёмов за счёт запашки соломы зерновых культур / Д.И. Ерёмин, **А.А. Ахтямова** // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 4(27). – С. 18-24.
6. Ерёмина Д.В. Оптимизационная модель гумусообразования пахотных черноземов за счет использования соломы зерновых культур / Д.В.

Ерёмина, Н.В. Фисунов, А.А. Ахтямова // Агропродовольственная политика России. – 2017. – №6(66). – С. 15-19.

7. Фисунов Н.В. Изменение обогащенности соломы азотом при её запашке и разbrasывании на поверхности почвы / Н.В. Фисунов, А.А. Ахтямова // Вестник Курганской ГСХА. – 2017. – №3 (23). – С. 54-57.

8. Ахтямова А.А. Изменение химического состава запаханной соломы под действием агрохимиков / А.А. Ахтямова // Вестник Курганской ГСХА. – 2017. – №4 (24). – С. 17-20.

9. Ахтямова А.А. Процесс высвобождения питательных веществ из запаханной соломы на чернозёме выщелоченном в условиях Северного Зауралья // А.А. Ахтямова, А.А. Савченко // АПК России. – 2017. – Т. 24. – №5. – С. 1066-1070.

Другие публикации

1. Ерёмин Д.И. Скорость высвобождения питательных веществ из соломы яровой пшеницы на поверхности пахотного чернозёма / Д.И. Ерёмин, А.А. Ахтямова // Молодой учёный. – 2015. – № 6,5(86.5). – С. 22-25.

2. Ерёмин Д.И. Скорость разложения соломы яровой пшеницы при различных системах основной обработки почвы в лесостепной зоне Зауралья / Д.И. Ерёмин, А.А. Ахтямова // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2015. – №1(28). – С. 16-20.

3. Ерёмин Д.И. К вопросу о стабилизации питательного режима за счёт запашки соломы зерновых культур / Д.И. Ерёмин, А.А. Ахтямова // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2016. – №4(35). – С. 21-26.

4. Ахтямова А.А. Разложение соломы, расположенной на поверхности почвы, при различных системах основной обработки / А.А. Ахтямова, Н.В. Фисунов // Молодой учёный. – 2016. – № 26(130). – С. 427-430.

5. Ахтямова А.А. Влияние способа основной обработки почвы на скорость разложения соломы яровой пшеницы в лесостепной зоне Зауралья / А.А. Ахтямова, Н.В. Фисунов // Сборник статей победителей V международного научно-практического конкурса. – 2017. – С. 82-86.

6. Ахтямова А.А. Динамика содержания азота в измельчённой соломе, расположенной на поверхности чернозёма выщелоченного / А.А. Ахтямова // Научные достижения и открытия современной молодежи: сборник статей победителей международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 287-290.

7. Ахтямова А.А. Динамика содержания азота в соломе под действием агрохимиков / А.А. Ахтямова // Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности: материалы международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 8-12.