

На правах рукописи

631.41:631.472.6:631.445.2:631.445.4:631.582.9:631.816.1

**Семенова
Екатерина Игоревна**

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ
И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ
ПРИ ИХ ВОВЛЕЧЕНИИ В СЕВООБОРОТ**

06.01.04 – Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2022

Работа выполнена на кафедре агрохимии и агроэкологии
ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»

Научный руководитель: **Титова Вера Ивановна**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы РФ

Официальные оппоненты: **Зудилин Сергей Николаевич,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО
«Самарский государственный аграрный университет», кафед-
ра «Землеустройство, почвоведение и агрохимия», заведую-
щий кафедрой

Черкасов Евгений Андреевич
кандидат с.-х. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ульяновский госу-
дарственный аграрный университет им. Столыпина», кафедра
почвоведения, агрохимии и агроэкологии, доцент

Ведущая организация: Федеральное государственное учреждение науки «Удмурт-
ский федеральный исследовательский центр Уральского отде-
ления Российской академии наук» (УдмФИЦ УрО РАН)

Защита состоится 3 марта 2022 г. в 14.00 час. на заседании диссертационно-
го совета Д 006.029.01 при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» по адресу: 127434, Москва, ул.
Прянишникова, 31а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке при ФГБНУ «Всероссийский
научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» и на
сайте: https://www.vniia-pr.ru/upload/iblock/c9d/semenova_diss_29_11_2021.pdf

Автореферат разослан «__» _____ 2022 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании
диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные
гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 127434, г. Москва,
ул. Прянишникова, 31а, учёному секретарю диссертационного совета, e-mail:
dissovet_vniia@mail.ru.

Ученый секретарь
диссертационного совета _____ Никитина Любовь Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований. В последние десятилетия во многих публикациях как в России, так и в мире, отмечаются факты вывода ранее пахотных земель из активного сельхозпроизводства и их перехода в состояние залежи (Лори и др., 2010; Амелин и др., 2013; Суханов 2013; Денисов 2016 и др.). Среди причин таких изменений в ландшафте называют ухудшения в инфраструктуре и отсутствие цивилизации в зоне распространения агроэкосистем (Grinfelde, Mathijs, 2013; Muller, Munroe, 2008; Vanwambeke et al., 2012), потерю бизнеса (Kristensen et al., 2004; Prishchepov et al., 2012), недостаток свободных средств на поддержание активного земледелия (Larsson, Nilsson, 2005; Lambin, Meyfroidt, 2011) и многое другое. При этом на всех уровнях организации общества в стране признается, что возврат залежных земель в активное сельхозпроизводство, их распашка – одна из общегосударственных задач. Это позволит повысить продуктивность земель, предназначенных для производства как растительной, так и животноводческой продукции (Бедарева, Троян, 2017; Иванов, Соколов, 2019; Иванов, Савин, Столбовой, 2017).

Исследователи чаще всего единодушны в признании и того факта, что изменения сукцессионного развития зарастающих территорий носят негативный характер, хотя и проявляются по-разному. Так, В.Ф. Дричко с соавт. (2015) отмечают изменения кислотно-основных параметров и состава гумуса, а А.В. Леднев и А.В. Дмитриев (2016, 2017) – изменения основных агрохимических и агрофизических показателей. Отдельные авторы констатируют ухудшение экологического состояния почв: повышение пожароопасности (Dubinin et al., 2010) и значительное ухудшение фитосанитарной обстановки (Соловьев и др., 2018). Многое при этом зависит от возраста залежи (стадии сукцессии), характера и условий её содержания (Титова, Полякова, 2020).

Степень разработанности темы. Публикаций по системе удобрения культур, которые планируется использовать при возврате залежных земель в пашню, ориентируясь при этом на минимизацию затрат на производство продукции без снижения урожайности культурных растений, в том числе за счет снижения доз внесения минеральных удобрений, немного, что предопределяет проведение подобных исследований на почвах разного генезиса.

Цель и задачи исследования

Целью исследования является изучение трансформации агрохимических показателей основных зональных почв Нижегородской области на этапе «пашня – залежь – пашня» и оценка влияния удобрений на свойства почв и урожайность растений при вовлечении залежных земель в пашню.

В задачи исследования входило:

- выявить индикаторные признаки, позволяющие установить возраст залежи, и оценить агрохимическое состояние почв залежи разного возраста;
- проследить динамику изменения основных агрохимических показателей на этапе «пашня – залежь – пашня» для оподзоленного чернозема, светло-серой лесной и дерново-подзолистой почв. Оценить микробиологическую активность почв после распашки залежи;

- определить урожайность культур (викоовсяная смесь, фацелия) при распашке залежи на дерново-подзолистой почве и оподзоленном черноземе. Рассчитать коэффициенты использования ими элементов питания из почвы;
- оценить влияние мочевины (N_{30-60}) по фону фосфорно-калийных удобрений ($P_{60}K_{60}$) на урожайность культур, высеваемых после распашки залежи светло-серой лесной легкосуглинистой почвы в звене севооборота «горчица на зеленую массу – озимая рожь на зеленую массу), и рассчитать окупаемость удобрений;
- рассчитать стоимость работ (распашка, производство зерна) по восстановлению залежи в пашню;
- изучить возможности повышения эффективности прикорневого использования мочевины за счет её капсулирования глауконитсодержащим сорбентом по показателям «фитотоксичность» и «влияние на агрохимическое состояние светло-серой лесной легкосуглинистой почвы».

Научная новизна

Исследования позволили на объектах в натуральных условиях найти доказательства связи между такими характеристиками экосистемы, как состояние фитоценоза, морфология почвенного профиля и агрохимическая характеристика верхнего гумусированного слоя, что позволило оценить их в качестве индикаторных признаков для идентификации возраста залежи.

Установлено, что с увеличением срока неиспользования земель наблюдается ухудшение характеристик почв: снижением содержания органического вещества и устойчивости почв к антропогенному воздействию. При этом коэффициенты использования подвижных соединений фосфора и калия первой культурой после распашки залежи на дерново-подзолистой почве составляют по фосфору – 2,9%, по калию – 24,5%, а на оподзоленном черноземе 10,2% и 35,2% соответственно.

Капсулирование мочевины глауконитсодержащим сорбентом способствует снижению кислотности почв, повышению содержания подвижных соединений фосфора и калия, при снижении содержания минеральных форм азота. Фитотоксичность капсулированной мочевины в концентрации 0,5% на редисе сопоставима с токсичностью стандартной мочевины, на салате она высоко токсична.

Практическая значимость и реализация результатов исследований

Установлено, что на распашку залежи под лугово-злаковой растительностью (возраст залежи 3-4 года) затраты составят порядка 6000-8000 руб./га, а на технологические операции по производству и реализации зерна – порядка 13000 руб./га при стоимости валового урожая с 1 га около 16000 рублей.

На этапе перевода залежи в пашню внесение фосфорно-калийных удобрений в дозе по 60 кг д.в-ва/га под последовательно выращиваемые в мелкочаечном полевом опыте горчицу на зеленую массу и озимую рожь на зеленую массу способствует повышению урожайности в среднем по двум культурам за один год на 0,94 т/га или 5% к урожайности на контроле, обеспечивая отдачу от удобрений в 7,8 кг зеленой массы в расчете на суммарный килограмм фосфора и калия (PK).

Внесение мочевины в дозе по азоту 30 кг/га по фону $P_{60}K_{60}$ способствует приросту урожайности культур на 1,44 т/га или 8% к фону. Дальнейшее повышение дозы азота показало тенденцию последовательного повышения урожайности на 0,46-0,22 т/га. Окупаемость 1 кг NPK при этом варьировала в пределах 15,9-17,2 кг при-

бавки в расчете на 1 кг действующего вещества удобрений, что составило 69-75% нормативной окупаемости.

Основные положения работы используются в учебных курсах Нижегородской ГСХА по агрохимии, методам агрохимических исследований и сельскохозяйственной экологии, а также при разработке программ повышения квалификации для агрономов-агрохимиков-почвоведов.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на системном подходе к выбору задач для достижения поставленной цели с учетом публикаций отечественных и зарубежных ученых. В работе использованы эмпирические методы исследований (полевой мелкоделяночный и модельный лабораторно-вегетационный опыты, агрохимическое обследование и лабораторный анализ), теоретические (дисперсионный анализ и метод вариационной статистики), а также цифровое и текстовое отображение полученных результатов.

Достоверность экспериментальных данных и результатов их обобщения и анализа подтверждается количеством наблюдений и учетов, выполненных согласно программе исследований, а также данными статистической обработки.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- перевод пахотных земель в залежь сопровождается снижением плодородия почвы, увеличивающимся с возрастом залежи;
- возвращение залежи в пашню сопровождается тенденцией повышения содержания гумуса, существенным повышением содержания подвижного фосфора при сохранении высокой вариабельности агрохимических показателей;
- применение НРК-удобрений под культуры, выращиваемые в первые годы после распашки залежи светло-серой лесной почвы, способствует повышению их урожайности и отдачи от удобрений в пределах до 75% нормативной окупаемости. При этом увеличивается способность почвы к разложению целлюлозы, нитрифицирующая активность и дыхание почвы;
- модификация мочевины в форме капсулирования гранулы глауконитсодержащим сорбентом положительно влияет на агрохимические показатели светло-серой лесной почвы: повышает содержание подвижных соединений фосфора и калия, снижает обменную кислотность и содержание аммиачных форм азота при сохранении содержания нитратов в почве без изменений. Фитотоксичность модифицированной мочевины в концентрации 0,5% на редисе сопоставима с фитотоксичностью стандартной мочевины.

Апробация и публикация результатов исследований

Результаты исследований заслушивались на конференциях аспирантов и научно-педагогических работников Нижегородской ГСХА (2017-2020 гг.). Материалы, вошедшие в диссертацию, были доложены на ежегодных научно-практических конференциях факультета агрохимии, агроэкологии и почвоведения Нижегородской ГСХА (2018-2020 гг.), а также представлены на международной научно-практической конференции «Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения» (Санкт-Петербург – Пушкин: С-ПбГАУ, 25-26.01.2018 г.); международной научной экологической конференции «Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности» (Краснодар, КубГАУ, 27-29.03.2018 г.), международной научной экологической конференции

«Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития» (Краснодар, КубГАУ, 24-26.03.2020 г.).

Общее количество опубликованных работ представлено 8 наименованиями (личное участие оценивается в 3,2 усл. печ. л., или 67% общего объема), в том числе в журналах из списка ВАК РФ опубликовано 5 работ, в сборниках трудов – 3 работы.

Личный вклад соискателя. Соискателем лично сформулирована научная гипотеза, предложена общая концепция, определены основные направления, цели и задачи, на основе чего разработана программа исследований. В процессе реализации программы проведены мониторинговые наблюдения, поставлены мелкочастичные полевые и модельные лабораторные опыты, сделаны теоретические обобщения результатов исследований и подготовлено заключение по работе. В проведении мониторинговых исследований соискатель принимал участие как организатор и соисполнитель, осуществлял отбор проб и готовил образцы к анализу.

Работа выполнена в период обучения автора в очной аспирантуре по специальности 06.01.04 – агрохимия (сельскохозяйственные науки). Исследования проведены в соответствии с тематическим планом научных исследований факультета почвоведения, агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА» по теме «0120.0805769 – Оценка антропогенного воздействия на природно-хозяйственную ценность почв и компонентов агроэкосистемы, разработка технологий восстановления нарушенных и загрязненных земель».

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа изложена на 142 страницах машинописного текста, состоит из введения, обзора литературы, главы «Условия, объекты и методы проведения исследований», 4^х результативных глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. В работе имеется 32 таблицы, 11 рисунков, 13 приложений. Список литературы включает 162 публикации, в том числе 25 работ на иностранных языках.

Благодарности. Автор благодарен научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук, профессору Вере Ивановне Титовой за методическую помощь и научные консультации по теме исследований, а также профессорско-преподавательскому составу и всем сотрудникам кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА за постоянную поддержку и помощь в организации мониторинговых наблюдений и проведении опытов на экспериментальной площадке кафедры.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор источников литературы

Результатом рассмотрения публикаций по вопросам формирования фонда залежных земель, оценки их агрохимического состояния в состоянии необрабатываемых угодий и после распашки залежи явилось заключение о том, что зарастание сельскохозяйственных угодий является следствием их земледельческого неиспользования, в связи с чем перед обществом стоит задача их возвращения в пахотные угодья. При этом в публикациях отмечено, что переход пашни в залежь сопровождается ухудшением агрохимической характеристики почв и снижением плодородия (Литвинович, 2009; Дричко и др., 2015; Леднев, Дмитриев, 2015, 2017 и др.), что предопределяет разработку рекомендаций по системе удобрения вводимых в сево-

оборот культур при условии сохранения почвенного плодородия, способного обеспечить эффективное ведение сельхозпроизводства.

Глава 2. Условия, объекты и методы проведения исследований

Климат Нижегородской области умеренно континентальный с холодной продолжительной зимой и теплым сравнительно коротким летом. При этом в Заволжье он холоднее, чем в Правобережье, что особенно проявляется в летнее время. Среднегодовая температура варьирует от +3 до +5 градусов по Цельсию.

Среднее годовое количество осадков колеблется от 550-600 миллиметров в северной части до 450-500 миллиметров в южной части области. В Нижнем Новгороде в среднем выпадает около 530 миллиметров осадков в год.

Основные исследования по теме диссертации проведены в период с 2016 по 2020 гг. на территории Нижегородской области на основных для области зональных почвах – дерново-подзолистой, серой лесной и оподзоленном черноземе, а также на опытно-экспериментальной площадке кафедры агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА. Реки Ока и Волга разделяют территорию Нижегородской области на два физико-географических района – низменное Левобережье (Заволжье), где преобладают дерново-подзолистые почвы преимущественно легкого гранулометрического состава, и возвышенное Правобережье – северо-западная оконечность Приволжской возвышенности, где встречаются оподзоленные черноземы преимущественно суглинистые. В Междуречье рек Оки и Волги расположены серые лесные почвы легко- и среднесуглинистые.

Исследования выполнены с использованием разных методов:

- оценка состояния залежных земель в почвенно-климатических зонах Нижегородской области – на дерново-подзолистых почвах Заволжья, светло-серых лесных почвах Центральной части области и оподзоленном черноземе Правобережья – с использованием метода мониторинга и полевого обследования;

- закладка трехлетнего стационарного мелкоделяночного полевого опыта с удобрениями на залежных землях после их распашки на экспериментальной площадке кафедры агрохимии и агроэкологии НГСХА;

- постановка модельных лабораторно-вегетационных опытов по оценке фитотоксичности и влияния удобрений на агрохимическое состояние светло-серой лесной легкосуглинистой почвы в научных лабораториях кафедры агрохимии и агроэкологии НГСХА.

Основной объект исследования площадью 15,4 га (*Объект 1*) расположен на дерново-подзолистых почвах в Борском районе Нижегородской области. Обследование залежи проведено в 2016 г., распашка выполнена в 2019 г., в мае 2020 г. высеяна фацелия, в августе 2020 г. взяты почвенные образцы и методом учетных площадок сделаны учеты урожайности.

Обследование залежных земель на оподзоленном черноземе, выполнено на участке площадью 148 га в Ардатовском районе – *Объект 2*. До 2019 года поля данного хозяйства не обрабатывались, возраст залежи оценивается в 4-5 лет. Поле распахано в 2019 г., почвенные образцы отбирали в мае 2019 г. и июле 2020 г.

Мелкоделяночный полевой опыт по изучению трансформации агрохимических показателей светло-серой лесной легкосуглинистой почвы после распашки залежи первой стадии сукцессии, урожайности культур и влияния на эти процессы

минеральных удобрений (*Опыт №1*) заложен на вегетационной площадке кафедры в 2018 году, в 4-х кратной повторности, по схеме, приведенной в таблице 1, на части территории площадки, которая в течение последних 3-4 лет механически не обрабатывалась и не использовалась для проведения исследований. Учетная площадь делянки 3,24 м² (135 x 240), общая площадь – 3,96 м² (165 x 240), защитная полоса между делянками 30 см, между повторениями 50 см, расположение вариантов систематическое. Все работы по опыту, включая уборку, проводили вручную.

Распашка залежи проведена в мае 2018 года, в это же время были отобраны почвенные образцы для оценки состояния почвы под залежью. В конце июля еще раз сделали перекопку почвы, разбили опыт в соответствии со схемой исследований и заложили кусочки ткани (лен) для определения целлюлолитической активности почвы. Удобрения в этот год не вносили, опыт содержали по типу чистого пара.

1. Схема опыта №1

№	Содержание варианта	Обозначение
1	Контроль без удобрений	Контроль
2	P _{сд} и K _x из расчета по 60 кг д.в-ва на 1 га, до посева в почву	PK-60 – фон
3	Фон + N _м из расчета по азоту 30 кг/га, прикорневая подкормка*	PK-60 + N-30
4	Фон + N _м из расчета по азоту 45 кг/га, прикорневая подкормка*	PK-60 + N-45
5	Фон + N _м из расчета по азоту 60 кг/га, прикорневая подкормка*	PK-60 + N-60

* - под горчицу – внесение во всю массу сосуда

В мае 2019 года до посева горчицы были отобраны почвенные образцы с целью оценки изменений, произошедших в течение года после распашки залежи. Затем были внесены удобрения и посеяна горчица белая, урожайность зеленой массы которой учтена через 60 дней. После уборки горчицы опыт был вновь перекопан, отобраны почвенные пробы (август 2019 г.), а в конце августа 2019 года высеяна озимая рожь сорта Валдай по фону фосфорно-калийных удобрений. Азотные удобрения (мочевина) в соответствующих вариантах были внесены ранней весной 2020 г. в прикорневую подкормку. После уборки ржи отобраны почвенные образцы для оценки трансформации почвенных свойств в процессе освоения залежи.

Исследования по учету численности представителей микро- и мезофауны на залежных землях провели в 2017 году, на исследовательском полигоне кафедры, на участке площадью 5 га, который расположен в Дальнеконстантиновском районе Нижегородской области на светло-серой лесной почве. В качестве основных представителей почвенной микрофауны рассматривали группу орибатид (*Oribatei*) или почвенных клещей и группу коллембол или ногохвосток (*Collembola*). О присутствии в составе педобионтов представителей мезофауны судили по численности культуры дождевого червя – олигохеты (*Lumbicomorpha*).

Модельный лабораторно-вегетационный опыт №2 по оценке влияния мочевины, модифицированной (капсулированной) сорбентом на основе глауконитовых песков (Грин Санд – GREEN SAND), на показатели почвенного плодородия, проведены в лабораториях кафедры в 2020 г. Опыт поставлен в 4-х кратной повторности, в двух закладках, в сосудах на 2 кг: 12.03.2020 – 10.05.2020 и 14.09.2020 – 13.11.2020, по схеме, приведенной в таблице 2. Период компостирования 60 дней.

Сорбент Грин Санд произведен на основе глауконитовой руды из Бондарского месторождения глауконит-кварцевых песков (Тамбовская область), обогащен и ак-

тивирован по авторской технологии, имеет микропористую (поры менее 2 нанометров) и мезопористую (2-50 нанометров) структуру, обладает повышенной способностью к катионному обмену. В составе глауконитов есть оксид калия (5,0-9,5 %), фосфор – до 3%, а также ряд микроэлементов (Mn, Cu, Co, Ni, B и др.).

2. Схема опыта №2

№	Содержание варианта	Обозначение
1	Почва без удобрений	1. Контроль
2	Почва с обычной мочевиной в дозе 0,2 г N/кг	2. М-02
3	Почва с модифицированной мочевиной в дозе 0,2 г N/кг	3. ММ-02
4	Почва с модифицированной мочевиной в дозе 0,4 г N/кг	4. ММ-04
5	Почва с модифицированной мочевиной в дозе 0,6 г N/кг	5. ММ-06

Определение фитотоксичности мочевины, капсулированной сорбентом на основе глауконита, изучали в опыте №3 на семенах пшеницы, салата и редиса при трех концентрациях раствора удобрения – 0,5%; 1,0%; 1,5%. Повторность 2-кратная, закладка опытов – в чашках Петри, по схеме, показанной в таблице 3.

3. Схема опыта №3

№	Содержание варианта	Обозначение
1	Обработка семян водой	1. Контроль
2	Обработка семян 0,5% раствором стандартной мочевины	2. М-0,5
3	Обработка семян 0,5% р-ром мочевины с сорбентом Грин Санд	3. ММ-0,5
4	Обработка семян 1,0% р-ром мочевины с сорбентом Грин Санд	4. ММ-1,0
5	Обработка семян 1,5% р-ром мочевины с сорбентом Грин Санд	5. ММ-1,5

О проявлении фитотоксичности судили по изменению показателей прорастания семян (энергия прорастания, всхожесть), а также по интенсивности начального роста проростков (длина корней, длина побегов, общая биомасса).

Анализ почвенных проб выполнены по существующим в агрохимической практике стандартным методам (Методические указания ..., 2003) в ФГБУ «Тулская МВЛ» в аккредитованной химической лаборатории на сертифицированном оборудовании с использованием следующих методов: рН солевой вытяжки – ГОСТ 26483-85; содержание органического вещества (гумуса) – ГОСТ 26213-91; подвижных соединений фосфора и калия – ГОСТ Р 54650-2011, гидролитическая кислотность по ГОСТ 26212-91, сумма поглощенных оснований – ГОСТ 27821-88, ёмкость поглощения и степень насыщенности основаниями – расчетным методом. При оценке полученных значений использовали градации, принятые в агрохимической практике (Методические указания ..., 2003). Азот в почве определяли в аналитической лаборатории кафедры: аммиачный азот с реактивом Несслера, а нитраты с дисульфифеноловой кислотой с последующим определением на ФЭК-56М. Валовое содержание отдельных тяжелых металлов в почве определяли по прописи М-МВИ-80-2008 и ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-2002, подвижные формы тяжелых металлов – в соответствии с «Методическими указаниями по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства» (М., ЦИНАО, 1992) на атомно-абсорбционном анализаторе «Спектр 5-4» и атомно-абсорбционном спектрометре КВАНТ-Z.ЭТА.

Для оценки фитоценотической составляющей экосистемы использовали глазомерно-маршрутный метод обследования (Мариничев, 2014). Анализ растительных образцов выполнен с использованием следующих методов: содержание азота по ГОСТ Р 51417-99, фосфора – по ГОСТ 26657-97, калия – по ГОСТ 30504-97.

Интенсивность выделения CO_2 из почвы определена методом А.Ш. Галстяна по изменению содержания углекислого газа в определенном замкнутом пространстве с помощью широкогорлых конических колб (Титова и др., 2011). Интенсивность дыхания оценивали по шкале, предложенной Э.И. Гапонюк, С.Г. Малаховым (1985). Нитрифицирующую активность определяли методом С.П. Кравкова (Минеев В.Г., 2001). Для определения целлюлозоразлагающей способности почвы применяли аппликационный метод, активность разложения целлюлозы оценивали по шкале Д.Г. Звягинцева (1986): очень слабая – $< 10\%$, слабая – $10-30\%$, средняя – $30-50\%$, сильная – $50-80\%$, очень сильная $> 80\%$. Фитотоксичность удобрений учитывали методом биотестирования по ГОСТ 12038. Токсичность определяли по кратности снижения показателей в опытном варианте по отношению к контролю.

Для статистического анализа результатов исследований использовали метод дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 2011), вариационной статистики (Дмитриев, 1995) и программный пакет Microsoft Office Excel 2003.

Глава 3. Исследования на дерново-подзолистых почвах (Объект 1)

Растительный покров залежного участка площадью 15,4 га характеризуется значительной пестротой: в центральной и северо-западной части участка отмечается лугово-злаковая растительность (рис. 1), оставшаяся часть участка занята преимущественно сосной 7-10 лет и березой того же возраста (рис. 2).



Рис. 1. Центр и северо-запад участка



Рис. 2. Залесенная часть участка

Возраст и видовой состав древесной растительности, находящейся в залесенной части участка, указывает на то, что срок его неиспользования в земледелии составляет не менее 7-10 лет. Согласно видовому составу лугово-злаковой растительности на площади 9 га, участок не использовался в качестве пашни в течение периода не менее 3-4 лет, что позволяет рекомендовать его к распашке.

Минимальный набор операций для распашки залежи включает дискование, вспашку с оборотом пласта, чизелевание, посев сидеральных культур. Расчетная стоимость таких работ для площади в 1 га в нашем случае составила 5 975,40

рублей, что близко к имеющимся в литературе данным (8000 руб./га – Белорусцева, 2012). Затраты на технологические операции по выращиванию зерновых культур, производство и реализацию зерна составили 13 тыс. руб./га при стоимости валового урожая зерна с 1 га около 16 тысяч рублей. Условный чистый доход после восстановления залежи в пашню составит 2 751,68 руб./га.

Во время обследования залежи в 2016 году были отобраны почвенные образцы. Их анализ показал, что почва участка площадью 6,4 га (залежь 7-10 лет) характеризуется неблагоприятными агрохимическими свойствами: низким содержанием гумуса (1,3%), несбалансированным содержанием основных элементов питания (высокое содержание фосфора – 166 мг/кг и низкое содержание калия – 46 мг/кг), среднекислой реакцией среды ($pH_{кел}$ 4,8), относительно высокой гидролитической кислотностью (2,7 ммоль /100 г почвы), низкой суммой поглощенных оснований (8,3 ммоль /100 г) и емкостью поглощения (11 ммоль /100 г). Часть участка, которая представлена залежью с травянистым фитоценозом (9,0 га), обладает большим запасом плодородия: содержание гумуса в среднем равно 1,6%, содержание подвижного фосфора – 173 мг/кг, обменная кислотность приближается к 5 единицам рН.

Летом 2019 года залежь на центральной части участка была распашана, отобраны почвенные образцы, а в 2020 году здесь была высеяна фацелия пижмолистная, после уборки которой также были отобраны почвенные пробы. Анализы показали, что плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы после распашки залежи несколько повысилось: содержание гумуса возросло на 5%, подвижных соединений фосфора и калия – на 9 и 19% соответственно.

Для учета урожая участок был разделен с севера на юг на две равные площадки (А – западная, Б – восточная сторона части участка). Результаты учета урожайности, определения содержания основных элементов питания в надземной фитомассе культуры и расчетные коэффициенты использования фосфора и калия из почвенных запасов показаны в таблице 4.

4. Урожайность надземной фитомассы фацелии (воздушно-сухое вещество) и эффективность использования ею почвенных запасов фосфора и калия

Место отбора проб	Урожайность, кг/м ²		Содержание NPK в растениях, %			Содержание в почве, кг/га		КИ из почвы, %	
	Lim*	M ± m*	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Площадка А	0,82 – 1,75	1,22 ± 0,08	0,27	0,14	0,33	496	143	3,44	28,18
Площадка Б	0,77 – 1,36	1,03 ± 0,06	0,28	0,11	0,38	477	187	2,37	20,90
Среднее	0,77 – 1,75	1,12 ± 0,07	0,28	0,13	0,35	487	165	2,90	24,54

* - Lim – размах варьирования; M ± m – среднее и ошибка среднего

Установлено, что урожайность надземной фитомассы фацелии колеблется в пределах, средних для однолетних трав (в среднем по участку составив 112 ц/га), но варибельность урожайности велика – 24%. Коэффициент использования почвенных запасов фосфора очень невысок, что обусловлено слабокислой реакцией среды и супесчаным гранулометрическим составом почвы, повышающим риск миграционных потерь элементов питания. Использование калия из почвы растениями фацелии также невысоко, но ближе по значению к средним статистическим данным.

Глава 4. Исследования на оподзоленном черноземе (Объект 2)

В 2019 году на массиве черноземных почв, расположенном в Правобережье Нижегородской области, было проведено агрохимическое обследование на одном из полей площадью 148 га. Земли ранее принадлежали ООО «Ардатовское», которое в 2014 году провело их полное агрохимическое обследование, выполненное ФГБУ ЦАС «Нижегородский». В данной работе результаты обследования 2014 года использованы для сравнения и установления изменений в характеристике почвы на этом поле за период с 2014 по 2020 гг.

В таблице 5 приведены результаты анализа почвенных проб отбора 2019 г. (год распашки залежи) и 2020 года (через год использования распаханной залежи под культурными растениями) в сравнении с данными 2014 года. Установлено, что его агрохимическое состояние за годы залежи несколько ухудшилось, а именно: средневзвешенное содержание гумуса снизилось с 5,30% до 5,00%, т.е. на 0,3%; обеспеченность почв подвижными соединениями калия снизилась на 21 мг/кг (14% к 2014 г.), при тенденции снижения обеспеченности почвы и подвижными соединениями фосфора; показатель рН солевой вытяжки изменился незначительно, но тенденция его снижения свидетельствует о текущем процессе подкисления почв; характеристика почвенного поглощающего комплекса несколько ухудшилась, что влечет за собою изменения буферности и снижение устойчивости к антропогенезу.

5. Динамика агрохимических показателей оподзоленного чернозема на этапе «пашня (2014 г.) – залежь (2019 г.) – пашня (2020 г.)»

Годы	Гумус, %			Подвижный P ₂ O ₅ , мг/кг			Подвижный K ₂ O, мг/кг		
	Lim*	M ± m	V, %	Lim*	M ± m	V, %	Lim*	M ± m	V, %
2014 г.	-	5,3	-	-	80	-	-	153	-
Май 2019 г.	4,7-5,4	5,00 _{+0,04}	4	66-85	75 _{+6,7}	25	111-147	132 _{+10,4}	29
Июль 2020г.	4,9-5,4	5,15 _{+0,04}	3	80-109	96 _{+2,6}	11	93-135	119 _{+3,5}	12

* - Lim – размах варьирования; M ± m – среднее и ошибка среднего; V – коэффициент вариации

После распашки залежи и годичного содержания почвы под культурной растительностью, к июлю 2020 года отмечена тенденция повышения содержания гумуса в почве в сравнении с маем 2019 года (на 0,15%) и заметное повышение содержания подвижного фосфора – на 21 мг/кг (28% к 2019 году). Высока вариабельность подвижных соединений фосфора и калия. Отмечено также снижение обменной и гидrolитической кислотности при стабилизации емкости поглощения и повышении степени насыщенности почв основаниями. В целом констатируется, что распашка 5-летней залежи на оподзоленном черноземе, с преимущественным фитоценозом луговых злаковых трав и разнотравья, при годичном выдерживании почвы по типу чистого пара, позволила на второй год после распашки залежи сформировать устойчивый и достаточно высокий урожай викоовсяной смеси (12,2 т сена с 1 га). При этом коэффициент использования почвенных запасов подвижных соединений фосфора и калия был максимально высоким – 10% по фосфору и 35% по калию.

Учитывая снижение содержания гумуса в почве после распашки залежи, было рассчитано количество навоза КРС для восстановления его содержания на тот уровень, который был в почве до выведения этого поля из активного землепользования. Установлено, что для восполнения запасов гумуса в 0,15% необходимо внести 66 т навоза КРС в расчете на 1 га. Учитывая присутствие в навозе и других элемен-

тов питания, можно ожидать, что это позволит повысить содержание подвижного калия до 163 мг/кг и фосфора – до 110 мг/кг. При стоимости навоза в 650 рублей за 1 тонну на приобретение гектарной дозы навоза потребуется 42 900 рублей.

Глава 5. Исследования на светло-серой лесной почве

В таблице 6 приведены результаты учета динамики агрохимических показателей в процессе освоения залежи, сформировавшейся на светло-серой лесной почве.

Установлено, что перевод 4-летней залежи, представленной лугово-разнотравной растительностью, и годовичное содержание её под паром способствовал проявлению тенденции повышения содержания органического вещества в почве (на 4% к исходному состоянию), изменению реакции среды в нейтральную сторону и повышению содержания подвижных соединений фосфора и калия (на 6 и 15% к исходному содержанию, соответственно).

6. Агрохимическая характеристика почвы до и после распашки залежи

Даты отбора почвенных проб	Орган. в-во, %	pH _{kcl}	P ₂ O ₅	K ₂ O	N _r	S	T	V, %
			мг/кг		ммоль / 100 г			
Май 2018 г., залежь	1,26	5,45	127	82	1,30	12,04	13,34	90
Май 2019 г., пар	1,31	5,50	135	94	1,32	12,26	13,58	90
Август 2019 г., горчица	1,36	5,54	123	90	1,23	12,20	13,43	91
Июль 2020 г., оз. рожь	1,32	5,55	116	85	1,18	11,96	13,14	91

Дальнейшее содержание участка из-под залежи под культурной растительностью (горчица и озимая рожь на зеленую массу, выращиваемые последовательно), обеспечило прирост содержания органического вещества в почве в сравнении с залежью (май 2018 г.) на 0,06-0,10% (5-8 относительных процентов) при тенденции снижения содержания подвижного фосфора (на 4-11 мг/кг, или 3-9%). По содержанию подвижных соединений калия отмечена положительная тенденция: оно возросло на 3-8 мг/кг или 4-10% к концентрации калия в почве залежи. Обменная и гидrolитическая кислотность почвы при этом снижались, сумма поглощенных оснований несколько повысилась, степень насыщенности основаниями осталась высокой и очень высокой.

Внесение удобрений под культуры, выращиваемые на этапе перевода залежи в пашню, положительно сказывается на агрохимической характеристике почвы: содержание органического вещества имеет тенденцию к повышению или повышается на 0,04-0,08% по отношению к неудобренному варианту; содержание подвижных соединений фосфора и калия увеличивается существенно (на 12-14% к контрольному варианту); реакция среды переходит из области «слабокислая» в область «близкая к нейтральной». Внесение азотных удобрений в прикорневую подкормку озимой ржи на содержание органического вещества и основных элементов питания (подвижных соединений фосфора и калия) влияло на уровне тенденции.

Урожайность культур, высеваемых после распашки залежи, и эффективность использования минеральных удобрений под них приведена в таблице 7.

Данные свидетельствуют, что фосфорно-калийные удобрения, внесенные весной до посева горчицы, дали статистически доказуемую прибавку урожая в сравнении с вариантом без внесения удобрений. Добавление азота в форме мочевины в дозе 30 кг/га при внесении его во всю массу пахотного слоя привело к получению

дополнительной прибавки урожая в 6% к фоновому удобрению. Увеличение дозы азота под горчицу с 30 до 45 кг/га обеспечило получение достоверной прибавки урожайности уже по отношению к варианту с внесением азота в дозе 30 кг/га, но дальнейшее увеличение дозы азота в подкормку положительного эффекта не дало. В среднем по вариантам с внесением мочевины в дозе 30-60 кг/га получена прибавка урожая в 8% к урожайности фонового варианта.

7. Влияние удобрений на урожайность культур

Варианты опыта	Горчица, 2019 г.			Озимая рожь, 2020 г.			Окупаемость 1 кг удобрений урожаем культур, среднее за 2 года, кг		
	кг/дел.	+, - к варианту		кг/дел.	+, - к варианту		РК	N	NPK
		1	2		1	2			
1.Контроль	5,38	-	-	6,06	-	-	-	-	-
2.РК-60 – фон	5,60	0,22	-	6,45	0,39	-	7,8	-	-
3.РК-60 + N ₃₀	5,94	0,56	0,34	7,04	0,98	0,59	-	48,0	15,9
4.РК-60 + N ₄₅	6,18	0,80	0,58	7,10	1,04	0,65	-	42,2	17,2
5.РК-60 + N ₆₀	6,30	0,92	0,70	7,12	1,06	0,67	-	35,3	17,0
<i>НСР₀₅</i>		0,16			0,15				

Прикорневая подкормка озимой ржи мочевиной во всех дозах была одинаково эффективна, способствуя увеличению урожайности зеленой массы на 16-17% к варианту без внесения удобрений. Разницы в действии разных доз азотной подкормки на урожайность ржи не отмечено и по отношению к фону. Из чего следует, что на залежных землях на этапе перевода их в пашню озимую рожь, выращиваемую как кормовую культуру на зеленую массу по фону фосфорно-калийного удобрения в дозе по 60 кг/га, следует подкармливать мочевиной в дозе по азоту 30 кг/га.

В целом, применение удобрений под горчицу и озимую рожь на зеленую массу, выращиваемые на этапе перевода залежи в пашню, агрономически эффективно. Каждый килограмм удобрений, внесенных под культуры в дозе N₃₀₋₆₀P₆₀K₆₀, дает дополнительно 15,9-17,2 кг урожайности. Максимальную окупаемость обеспечивает применение мочевины в дозе 30 кг/га – 48 кг прибавки в расчете на 1 кг удобрений. С ростом дозы азота до 60 кг/га отдача от их внесения снижается до 35,3 кг/кг.

Сведения по микробиологической активности почвы показаны в таблице 8.

8. Влияние удобрений на микробиологическую активность почвы

Варианты опыта	Целлюлолитическая активность, %			Дыхание почвы, мгСО ₂ /10 г/24 ч		Нитрифицирующая активность, мг/кг/7 суток	
	09.2018	05.2019	08.2019	факт	к в.1 / в.2	факт	к в.1 / в.2
1.Контроль	14	18	21	9	-	5,4	-
2.РК-60 – фон	13	21	28	12	3 / -	7,2	1,8 / -
3.РК-60 + N ₃₀	18	26	40	15	6 / 3	11,0	5,6 / 3,8
4.РК-60 + N ₄₅	16	28	45	17	8 / 5	11,0	5,6 / 3,8
5.РК-60 + N ₆₀	19	30	54	14	5 / 2	10,9	5,5 / 3,7
<i>НСР₀₅</i>	5	7	9	4		1,5	

Установлено, что целлюлозоразрушающая способность почвы на первом этапе перевода залежных земель в пашню (при последовательном содержании распаханной залежи под чистым паром и посевом горчицы) имеет тенденцию повышения. При этом использование азотных удобрений (мочевины) под посев горчицы увели-

чивает способность почв к разложению безазотистых органических соединений типа целлюлозы на 14-17% (54-61%%) при дозе азота в 30-45 кг/га, и на 24% (80 относительных процентов) – при дозе азота в 60 кг/га. Внесение полного минерального удобрения достоверно повышало интенсивность дыхания почвы, а внесение мочевины в дозе по азоту 45 кг/га по фону внесения фосфора и калия в дозе по 60 кг/га оказало дополнительное положительное влияние на жизнедеятельность почвенной биоты, повысив степень её активности от средней до высокой – 12 мгСО₂/10 г/24 ч до 17 мгСО₂/10 г/24 ч. Нитрифицирующая активность почвы при внесении полного минерального удобрения (N в дозе 30-45-60 по фону Р₆₀К₆₀) в 2 раза выше, чем на контроле, оценивается как средняя и не зависит от дозы внесения азота.

Глава 6. Капсулирование мочевины сорбентом на основе глауконита как способ повышения эффективности её использования при локальном внесении в почву

Исследования проведены в 2020 году, в двух закладках, в модельном лабораторно-вегетационном опыте, с целью выявления влияния мочевины, модифицированной глауконитом, на основные агрохимические показатели светло-серой лесной легкосуглинистой почвы. Отдельное внимание было уделено оценке влияния модифицированной мочевины на содержание минерального азота в почве (табл. 9).

9. Влияние мочевины, модифицированной сорбентом Грин Санд, на способность почвы к продуцированию минерального азота*

Варианты опыта	NH ₄ ⁺ , мг/кг					NO ₃ ⁻ , мг/100 г		
	11.05. 2020	20.05.2020		прирост за 10 дней		11.05 2020	20.05. 2020	прирост за 10 дней
		факт	+, -к вар.1	факт	+, - к вар.1			
1. Контроль	5,4	11,4	-	6,0	-	0,13	1,43	1,30
2. М-02	8,5	36,8	25,4	28,3	22,3	0,64	2,12	1,48
3. ММ-02	7,6	15,6	4,2	8,0	2,0	0,83	2,15	1,32
4. ММ-04	7,0	37,3	25,9	30,3	24,3	1,07	2,47	1,40
5. ММ-06	6,5	48,7	37,3	42,2	36,2	1,29	2,76	1,47
<i>НСР₀₅</i>		7,9				0,70	0,87	

* - 10-дневное компостирование почвы при стабильной температуре (24 °С) и оптимальной влажности в термостате

Установлено, что двухмесячное выдерживание почвы с мочевиной, внесенной в дозе по действующему веществу 0,2-0,6 г/кг, не сказалось на содержании в почве гумуса и обменных оснований, а также рН водной вытяжки, оказывая положительное влияние на рН солевой вытяжки и несколько повышая гидролитическую кислотность. Компостирование почвы с модифицированной мочевиной в тех же дозах при естественно складывающихся условиях привело к повышению содержания подвижных соединений фосфора в почве на 11-12 мг/кг, или 16-17% к контролю без удобрений. Высвобождение подвижных соединений калия из почвы в присутствии азотного удобрения было чуть менее активным – 11-15 мг/кг (14% к контролю).

Компостирование почвы с обычной мочевиной в контролируемых условиях привело к резкому увеличению содержания аммонийного азота в почве (более чем в 3 раза), что является подтверждением очень высокой подверженности мочевины процессам разложения с образованием аммонийной формы азота. Внесение того же количества азота (0,2 г/кг), но в форме модифицированной мочевины, содержание

аммонийного азота снизило в 2,4 раза. Позитивное влияние сорбента на сдерживание процесса аммонификации проявляется стабильно при всех изученных дозах внесения мочевины.

То есть, модификация мочевины глауконитсодержащим сорбентом позволяет вдвое увеличить дозу внесения мочевины (с 0,2 г азота в расчете на 1 кг почвы до 0,4 г/кг) без риска двойного увеличения концентрации аммонийной формы азота в почве. Содержание нитратов в почве удобренных вариантов различалось незначительно, что является прямым доказательством того, что сорбент Грин Санд сдерживает ход процессов минерализации органического азота.

Валовое содержание и содержание подвижных форм тяжелых металлов (свинец, кадмий, цинк, медь) в почве с внесением мочевины, модифицированной сорбентом Грин Санд, изменялось в пределах фоновых значений для Правобережья Нижегородской области и не превысило ориентировочных и предельно допустимых уровней их концентрации

Для оценки фитотоксичности модифицированной мочевины в качестве биотестов использовали салат и редис (табл. 10).

10. Фитотоксичность модифицированной мочевины, среднее из 2-х опытов

Варианты опыта	Энергия прорастания		Всхожесть		Масса проростков		Длина ростка, мм	Длина корня, мм
	штук	%	штук	%	всех	одного		
<i>Салат**</i>								
1. Контроль	22,0	88	23,3	93	0,30	0,01	29,1	26,4
2. М-0,5	16,5	66	17,0	68	0,18	0,01	20,1	11,2
3. ММ-0,5	3,5	14	2,3	9	0,01	0	3,7	12,7
4. ММ-1,0	5,5	20	3,0	12	0,01	0	2,5	7,3
5. ММ-1,5	4,5	18	3,7	15	0,02	0	2,1	5,5
<i>НСР₀₅</i>	6,8		6,2				4,9	5,1
<i>Редис**</i>								
1. Контроль	15,0	60	19,0	76	1,28	0,06	22,8	28,1
2. М-0,5	13,5	54	14,0	56	0,79	0,05	19,8	11,1
3. ММ-0,5	12,0	50	14,0	56	0,91	0,06	17,9	7,9
4. ММ-1,0	11,5	46	13,3	53	0,50	0,03	5,3	1,8
5. ММ-1,5	11,0	44	11,0	44	0,31	0,02	3,0	1,9
<i>НСР₀₅</i>	4,4		4,7				5,3	8,0

** - число высевных семян равно 25.

Обработка семян салата раствором стандартной мочевины в концентрации 0,5% раствора удобрения привела к снижению всхожести семян салата практически на треть, а раствором модифицированной мочевины той же концентрации – снизила всхожесть семян более чем в 7 раз. Дальнейшее повышение концентрации модифицированной мочевины на семена салата действовало также угнетающе. То есть, для салата обработка семян раствором модифицированной мочевины высокотоксична. На редисе обработка семян мочевиной, стандартной или модифицированной, в концентрации 0,5% по удобрению, показала одинаковый уровень негативного влияния: всхожесть снизилась с 76% на контрольном варианте (обработка семян водой) до 56% на вариантах с мочевиной. Однако по массе проростков вариант с обработкой семян модифицированной мочевиной не уступал варианту с обра-

боткой семян стандартной мочевиной: масса 1 проростка на варианте с модифицированной мочевиной была даже выше (0,06 г), чем на варианте со стандартной мочевиной (0,05 г).

Таким образом, модифицированная сорбентом мочевина, в концентрации 0,5% проявляет такой же эффект фитотоксичности (средний), как и стандартная мочевина, не усиливая его и не снижая. Дальнейшее повышение концентрации модифицированной мочевины (до 1,5% раствора) приводит к снижению всех показателей (всхожести, массы проростков, длины ростка и корня).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Биоценотическая характеристика, морфологическое описание почвенного профиля и химический состав верхнего гумусовоаккумулятивного слоя почвы являются индикаторными признаками, позволяющими идентифицировать срок неиспользования земель сельскохозяйственного назначения по целевому признаку и дать рекомендации по их дальнейшему использованию.

При принятии решения о возвращении залежных земель в активное сельскохозяйственное использование следует учитывать, что затраты на распашку залежи под лугово-злаковой растительностью (3-4 года залежи) составят порядка 6000-8000 руб./га, а на технологические операции по производству и реализации зерна – порядка 13000 руб./га при стоимости валового урожая с 1 га около 16000 рублей. Условный чистый доход после восстановления залежи в пашню составит 2 751,68 руб./га.

2. Перевод пахотных земель в залежь сопровождается ухудшением агрохимической характеристики почв, причем, чем выше срок неиспользования земель, тем снижение почвенного плодородия больше. Так, 7-10-летняя залежь на дерново-подзолистой почве отличается от 3-4-летней залежи почв этого же генезиса сменной фитоценоза с лугово-злакового на древесно-кустарниковый, снижением содержания органического вещества на 0,3% или 18 относительных процентов (18%%), несбалансированным содержанием подвижных соединений фосфора и калия и снижением устойчивости почв к антропогенному воздействию, что подтверждается повышением кислотности и снижением степени насыщенности основаниями.

Для оподзоленного чернозема переход пашни в залежь сопровождается снижением содержания органического вещества – на 0,3% или 3%%, а также подвижных соединений фосфора (на 5 мг/кг или 6%) и калия (на 21 мг/кг или 14%) при тенденции подкисления и снижения степени насыщенности основаниями. Для восстановления содержания органического вещества в почве на 0,1% необходимо будет внести 44 т/га навоза крупного рогатого скота подстилочного полуперепревшего, что оценивается в 29 000 руб./га.

3. Переход от залежи к пашне на оподзоленном черноземе сопровождается тенденцией повышения содержания гумуса (на 0,15% или 3%%), существенным повышением содержания фосфора (21 мг/кг или 28%) снижением содержания калия (на 13 мг/кг или 10%), при четко выраженной высокой вариабельности по содержанию фосфора и калия в почве.

На светло-серой лесной почве подобная тенденция отмечена по содержанию гумуса – прирост в год распашки составил 4%, в дальнейшем, при активном трехлетнем содержании распаханной залежи под культурной растительностью (горчица и озимая рожь на зеленую массу) – 0,06-0,10% или 5-8%.

Использование почвенных запасов фосфора и калия культурными растениями (фацелия) после распашки залежи на дерново-подзолистой почве составило 2,9% и 24,5%, на черноземной почве (викоовсяная смесь) – 10,2% и 35,2% соответственно.

4. На этапе перевода залежи в пашню внесение фосфорно-калийных удобрений в дозе по 60 кг д.в-ва/га под последовательно выращиваемые в мелкоделяночном полевом опыте горчицу на зеленую массу и озимую рожь на зеленую массу способствует повышению урожайности в среднем по двум культурам за один год на 0,94 т/га или 5% к урожайности на контроле, обеспечивая отдачу от удобрений в 7,8 кг зеленой массы в расчете на суммарный килограмм фосфора и калия (РК).

Внесение мочевины в дозе по азоту 30 кг/га по фону $P_{60}K_{60}$ способствует приросту урожайности культур на 1,44 т/га или 8% к фону. Дальнейшее повышение дозы азота показало тенденцию последовательного повышения урожайности на 0,46-0,22 т/га. Окупаемость 1 кг NPK при этом варьировала в пределах 15,9-17,2 кг прибавки в расчете на 1 кг действующего вещества удобрений, что составило 69-75% нормативной окупаемости.

5. Микробиологическая активность светло-серой лесной легкосуглинистой почвы при внесении полного минерального удобрения на этапе перевода залежных земель в пашню повышается. Установлено, что в варианте с внесением азота в дозе 30 кг/га по фону допосевного внесения $P_{60}K_{60}$ в 1,5 раза увеличивается способность почвы к разложению целлюлозы, в 2 раза – нитрифицирующая активность почвы и на 28% – дыхание почвы. Повышение дозы азота стимулировало повышение целлюлолитической способности и дыхания почвы, не влияя на нитрифицирующую активность почвы.

6. Модификация мочевины в форме капсулирования гранулы глауконитсодержащим сорбентом в целом оказала положительное влияние на эффективность её использования после двухмесячного компостирования с почвой, что выразилось в повышении содержания подвижных соединений фосфора и калия на 11-12 и 11-15 мг/кг соответственно, а также снижении активной и обменной кислотности. Внесение капсулированной глауконитом мочевины в дозе по азоту 0,2 г/кг в сравнении с такой же дозой мочевины стандартной снижало содержание аммонийного азота в почве в 2,4 раза, сохранив продуцирование нитратов на уровне, свойственном стандартной мочеvine. Увеличение дозы азота в составе модифицированной мочевины на содержании нитратного азота в почве не отразилось.

Валовое содержание и содержание подвижных форм тяжелых металлов (свинец, кадмий, цинк, медь) в почве с внесением мочевины, модифицированной сорбентом Грин Санд, изменялось в пределах фоновых значений для Правобережья Нижегородской области и не превысило ориентировочных и предельно допустимых уровней их концентрации.

7. Модифицированная сорбентом мочевиной в начальной из изучаемых концентраций в 0,5% по действию на проростки салата высокотоксична: всхожесть семян в сравнении с действием мочевины стандартной снижается в 7,4 раза, а длина ростка – в 5,4 раза. При дальнейшем повышении концентрации модифицированной мочевины её угнетающее действие на семена салата сохранилось. По действию на культуру редиса модифицированная мочевиной проявляет такой же эффект фитотоксичности (средний), как и стандартная мочевиной, не усиливая и не снижая его, однако повышение концентрации модифицированной мочевиной до 1,5% приводит к резкому снижению всех показателей (всхожести, массы проростков, длины ростка и корня).

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Статьи в научных журналах, рекомендованных Перечнем ВАК РФ

1. Титова В.И., Ветчинников А.А., Семенова Е.И. Влияние системы удобрения светло-серой лесной легкосуглинистой почвы на её устойчивость к антропогенному воздействию // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – №5 (365). – С. 59-61.
2. Simonova L.A., **Seменова E.I.**, Titova V.I. Possibilities of planning of the economic use arable land, taking into account the degree of their overgrowing with grassy and woody-shrubby vegetation // INTERNATIONAL AGRICULTURAL JOURNAL. № 6 (372) / 2019. DOI: 10.24411/2587-6740-2019-16106
3. **Семенова Е.И.**, Титова В.И., Митянин И.О. Содержание тяжелых металлов в почве после распашки залежи первой стадии сукцессии // Международный научно-исследовательский журнал. – №1 (91). – 2020. – Часть 1. – С. 108-113. doi.org/10.23670/IRJ.2020.91.1.021
4. **Семенова Е.И.**, Митянин И.О., Ветчинников А.А., Корниенков А.Ю. Влияние рекультивации техногенно нарушенных почв на численность отдельных представителей микро- и мезофауны, состав и продуктивность лугового ценоза // INTERNATIONAL AGRICULTURAL JOURNAL. – 2020. – №2 (374). – С. 56-59. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-12031
5. Титова В.И., **Семенова Е.И.** Влияние мочевиной, модифицированной сорбентом на основе глауконита, на агрохимические свойства серой лесной почвы // Агрохимический вестник.–2021.– №3.– С.35-39. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-3-008 (журнал входит в международную реферативную базу данных и систем цитирования SA (pt))

Статьи в сборниках трудов

6. **Семенова Е.И.**, Титова В.И. Влияние содержания земель сельхозназначения в форме залежи на агрохимическую характеристику дерново-подзолистых почв после их распашки // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности / сб. ст. по мат. междунар. научн. экол. конф. / 27-29.03.2018 г. // Краснодар, КубГАУ, 2018. – С. 429-431.
7. Титова В.И., **Семенова Е.И.** К оценке возможности распашки 25-летней залежи дерново-подзолистых почв лесной зоны // Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборн. научн. тр. (25-26.01.2018 г.) – Ч.1 / СПбГАУ. – СПб., 2018. – С. 37-41.
8. **Семенова Е.И.**, Титова В.И. Динамика агрохимических показателей чернозема оподзоленного в состоянии 5-летней залежи // Аграрные ландшафты, их устой-

чивость и особенности развития: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. конф. / 24-26.03.2020 г. // Краснодар: КубГАУ, 2020. – С. 71-73.

Подписано в печать _____ Формат А5
Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл.п.л. 1,0
Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии «ИП Бухарина И.М.»
603139, г. Нижний Новгород, ул. Гаугеля, д.27, кв. 65.