

СОКОЛОВ ИВАН ВИКТОРОВИЧ

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРЕДСТВ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОРОДИЯ
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПРИ ОСВОЕНИИ
ЗАКУСТАРЕННЫХ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ
В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РФ**

Специальность 06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Санкт-Петербург, 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО СПбГАУ)

**Научный
руководитель:**

Иванов Алексей Иванович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор РАН, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Агрофизический научно-исследовательский институт (ФГБНУ АФИ)

**Официальные
оппоненты:**

Шевченко Виктор Александрович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова)

Евстратова Любовь Павловна

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории «Вилга» отдела комплексных научных исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук» (КарНЦ РАН)

**Ведущая
организация:**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» (ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»)

Защита диссертации состоится « 18 » марта 2021 года в 13 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 220.060.07 при ФГБОУ ВО СПбГАУ по адресу: 196601, Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 2, тел. 8 (812) 451-90-81, e-mail: agro@spbgau.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО СПбГАУ и на сайте <http://www.spbgau.ru>, с авторефератом – на сайте <http://vak.ed.gov.ru> и <http://www.spbgau.ru>.

Автореферат разослан « ___ » _____ 2021 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат сельскохозяйственных наук

Орлова
Анна Георгиевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Северо-Западный регион РФ характеризуется наличием обширного фонда неиспользуемых сельскохозяйственных земель (Архипов М.В. и др., 2015, 2016, 2018; Доклад о состоянии..., 2018). Процесс формирования этого фонда имеет длительную историю и обусловлен, главным образом, ухудшением условий функционирования сельскохозяйственного производства и сокращением численности сельского населения.

Специфика природных условий региона (мелкоконтурность сельхозугодий, высокая лесистость территории, переувлажнение) способствует быстрому зарастанию неиспользуемых земель кустарником и мелколесьем. В настоящее время этому процессу подвергнуто около половины площади пашни региона. Наряду с резким сокращением объемов применения удобрений, это стало причиной деградации почвенного плодородия (Ефимов В.Н., Иванов А.И., 2001; Литвинович А.В. и др., 2003-2015; Доклад о состоянии..., 2018).

Неудовлетворительное состояние земельного фонда – сдерживающий фактор для развития животноводства. Федеральной целевой программой «Развитие мелиорации земель...» предусмотрено масштабное вторичное освоение залежных земель (в условиях региона в разной степени закустаренных). Но процесс этот сложный и весьма затратный, нуждающийся в научном обосновании, как выбора объекта освоения, так и оптимального технологического решения с учётом конкретных почвенно-экологических условий и финансовых возможностей землепользователя. На решение части этих задач и нацелена наша работа.

Степень разработанности темы. Изучением проблем освоения и рационального использования целинных и залежных земель многие годы занимались учёные научных центров Северо-Запада РСФСР: ЛО ВИУА, ЛГУ, ЛСХИ, СевНИИГиМа (Корнилов М.Ф., 1937; Сапожников Н.А., 1939, 1977; Благовидов Н.Л., 1954, 1962; Трутнев А.Г., 1956, 1963; Преображенский К.И., 1977; Ефимов В.Н., Донских И.Н., 1987 и многие другие). Основными технологическими вариантами освоения в те годы рекомендовались предварительная механическая корчёвка и прямая запашка древесно-кустарниковой растительности (ДКР), а методами воспроизводства плодородия почв - углубление пахотного слоя, известкование и применение удобрений.

Учитывая затратность и недостаточную экологичность прежних технологий освоения, в последнее время стало уделяться больше внимания изучению целесообразности предварительной переработки сводимой ДКР в различные продукты, включая биоуголь и золу (Рижия Е.Я. и др., 2015; Григорьян Б.Р. и др., 2016; Яковлева Д.В., Бортник Т.Ю., 2016; Литвинович А.В., 2016; Кулагина В.И. и др., 2017, 2018). Да и использование современных мелиоративных машин (типа мульчеров) предполагает весьма интенсивную переработку ДКР. Однако большинство современной научной информации – результат лабораторных экспериментов. В этом отношении значительным шагом вперёд могут считаться данные, полученные во ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (Адиго Я.И.О. и др., 2017). В целом же проблема продолжает оставаться малоизученной как с биологической стороны, так и относительно вопросов экономики.

Цель и задачи исследования. Целью исследования было научное обоснование ряда технологических вариантов освоения закустаренной залежи на дерново-подзолистой почве с использованием современных методов предварительной переработки древесно-кустарниковой растительности при сочетании с экономичными местными средствами химической мелиорации почв.

При этом в число решаемых задач входили:

- оценка степени зарастания прежнего сельскохозяйственного угодья и запаса надземной биомассы древесно-кустарниковой растительности на территории Тосненской низины в зависимости от специфики почвенно-экологических условий;

- изучение влияния технологических вариантов сведения (предварительной переработки) древесно-кустарниковой растительности и химических мелиорантов на физические, физико-химические и агрохимические свойства и соответствующие режимы осваиваемой дерново-подзолистой почвы;

- установление наиболее обоснованных технологических вариантов вторичного освоения покрытой древесно-кустарниковой растительностью залежи с позиций агрономической, экологической и экономической эффективности.

Научная новизна исследования заключается в том, что в нём впервые в современных почвенно-климатических условиях Северо-Запада РФ:

- установлены закономерности и параметры трансформации свойств дерново-подзолистой почвы закустаренной залежи в зависимости от варианта культуртехнической мелиорации и доз химических мелиорантов;

- выполнена комплексная (агрономическая, экологическая и экономическая) оценка вариантов вторичного освоения залежи на основе предварительной переработки древесно-кустарниковой растительности и применения новых местных мелиорантов;

- обоснована обязательность сочетания на дерново-подзолистой почве мероприятий культуртехнической и химической мелиорации.

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в том, что в ней получена научная информация о влиянии на свойства почвы, а через них и на растение продуктов современных технологий переработки сводимой при освоении залежных земель древесно-кустарниковой растительности (в том числе при сочетании с химическими мелиорантами). Она вносит определённый вклад в развитие теоретических основ управления эффективным плодородием дерново-подзолистых почв и продукционным процессом однолетних и многолетних трав.

Практическая значимость исследования заключается в разработке рекомендаций сельскохозяйственным предприятиям по повышению экономической эффективности и экологической безопасности освоения залежных земель, подвергшихся частичному зарастанию древесно-кустарниковой растительностью. Их применение в ООО «София» Тосненского района Ленинградской области позволило добиться среднегодового экономического эффекта освоения закустаренной залежи в 72 тыс. руб/га.

Методика и методы исследования. Методика научного исследования основывалась на сочетании комплекса научных методов, ключевую роль в которых играл полевой метод. Он включал в себя методики культуртехнического обследования состава и запаса биомассы ДКР на объектах изучения, стационарного и производственного полевого опытов. Его дополняли лабораторные исследования

(химические и физические анализы) почвы, мелиорантов и растительной продукции, а также экономический анализ.

Положения, выносимые на защиту:

- параметры закустаренности залежных земель Тосненской низины Ленинградской области зависят от возраста залежи и ландшафтно-экологических условий;
- обоснованность вторичного освоения современных залежных земель Северо-Западного региона зависит от их агроэкологических условий, агромелиоративного состояния (степени зарастания ДКР), технологии переработки её надземной биомассы, уровня почвенного плодородия и выбора мелиоративных средств его воспроизводства;
- характер и параметры изменения свойств и режимов дерново-подзолистой почвы осваиваемой залежи определяются, преимущественно, технологическими вариантами предварительного сведения древесно-кустарниковой растительности, дозами и способами внесения химических мелиорантов;
- преобразование биомассы ДКР в биоуголь при освоении закустаренной залежи с применением высоких доз традиционных мелиорантов существенно превосходит другие технологические варианты по комплексу агроэкологических показателей, но уступает – по экономической эффективности.

Степень достоверности. Необходимый в научных исследованиях уровень достоверности обеспечивался строгим соблюдением методических принципов и требований к проведению полевых опытов, ботанических, почвенно-экологических и агрохимических обследований, а также выполнением анализов в аккредитованных лабораториях и статистической обработкой основной научной информации.

Апробация работы. Результаты исследований по тематике диссертационной работы докладывались на Международных, Всероссийских и региональных научных форумах: Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве» в ФГБНУ АФИ в 2018 г.; Международных научно-практических конференциях «Развитие агропромышленного комплекса на основе научных достижений и цифровых технологий» в СПГАУ, «Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации» в ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, «Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства», посвященной 100-летию со дня рождения профессора А.Ф. Тимофеева в ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, «Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель» в БГСХА в 2019 г.

Организация исследования и личный вклад соискателя. Научные исследования выполнялись в рамках Договора о творческом сотрудничестве между ФГБНУ СЗЦППО, ФГБУ «Станция агрохимической службы «Псковская» и ООО «София» Тосненского района Ленинградской области в соответствии с тематическим планом ФГБНУ СЗЦППО: в 2017 году «Усовершенствовать методологию научного обеспечения производства продукции растениеводства в Северо-Западном регионе РФ на основе новых методических подходов к формированию адаптивных систем земледелия и агротехнологий, базирующихся на принципах геореференсирования, ресурсосбережения и минимизации экологических рисков» - № государственной регистрации 115032460012; в 2018 году «Разработать концепцию управления качеством и безопасностью продукции растениеводства с учетом природно-

климатических условий Северо-Западного региона РФ и возможностей использования современных инновационных технологий и систем» - № государственной регистрации АААА-А18-118052390067-0; в 2019 году «Разработать научные основы управления качеством и безопасностью продукции растениеводства и животноводства на Северо-Западе и Арктической зоне РФ с учетом ограничения агроклиматических и экологических рисков» - № государственной регистрации АААА-А19-119120390133-7. В 2020 году работа над диссертацией велась в рамках государственного тематического плана ФГБОУ ВО СПГАУ по теме «Разработка и усовершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур и методов их защиты от вредителей и болезней для перехода к высокопродуктивному экологически безопасному сельскохозяйственному производству». Полевые опыты проводились в ООО «София» Тосненского района Ленинградской области, где автор работает ведущим специалистом. Химико-аналитические исследования образцов почвы, мелиорантов и растительной продукции выполнялись в аккредитованной лаборатории ФГБУ «Станция агрохимической службы «Псковская». Разработка программы исследования, закладка опытов, проведение наблюдений и учётов, анализ экспериментальных данных выполнялись автором лично. В целом, личный вклад автора в объёме диссертационной работы составляет не менее 80 %. Доля участия в научных публикациях – 58 %, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ – 40 %.

Публикации. По материалам исследования опубликовано 16 научных работ, из них 7 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа включает оглавление, введение, пять разделов основной части, заключение, рекомендации производству, перспективы дальнейшей разработки темы, список используемой литературы, приложения. Общий объём работы – 201 страница печатного текста, иллюстрированного 19 рисунками в тексте и 21 рисунком в приложениях, 33 таблицами в тексте и 12 – в приложениях. Список использованной литературы включает 283 источника, в том числе 21 на иностранных языках.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАКУСТАРЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ СЕВЕРО-ЗАПАДА РФ С ПОЗИЦИЙ ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ВТОРИЧНОГО ОСВОЕНИЯ

На основании анализа информации из более, чем двухсот литературных источников, вскрыты причины формирования обширного фонда неиспользуемых закустаренных сельскохозяйственных земель, установлены наиболее типичные закономерности в трансформации свойств почвы с переходом в залежное состояние, охарактеризованы мероприятия, необходимые для возвращения прежних пахотных угодий в сельскохозяйственный оборот.

2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на сельскохозяйственных угодьях ООО «София» в Тосненском районе Ленинградской области в 2016-2019 гг.

В начале раздела 2 рассмотрены факторы и причины, по которым территория проведения исследования относится к зоне распространения земель, остро нуждающихся в мелиорации.

Закладке полевых опытов предшествовало изучение залежных земель хозяйства на предмет их культуртехнического состояния по разработанным во ВНИИГиМ и ФГБНУ АФИ методикам. Полученные при этом данные типичны и для других районов Северо-Запада РФ (Архипов М.В. и др., 2015, 2016, 2018; Иванов, Лапа, 2018).

Степень покрытости залежи кустарником и мелколесьем колеблется от 26 до 79 %, степень закаменённости – от слабой до средней. 97 % ботанического состава ДКР приходится на четыре вида растений: ольху серую, осину обыкновенную, берёзу бородавчатую и иву козью. В условиях суходола залежь зарастала, преимущественно, берёзой и осинкой, а на периодически переувлажняемых почвах – ивой. На участках сплошного зарастания продуктивность наземной биомассы ДКР находилась на уровне 120-140 т/га при доминировании ивы и 150-180 т/га – при доминировании берёзы и осины.

Преобладающими на залежи почвами являются дерново-слабоподзолистые глееватые и глеевые средне- и тяжелосуглинистого гранулометрического состава. В последнее тридцатилетие трансформация свойств этих почв шла в направлении повышения кислотности и снижения обеспеченности фосфором и калием при параллельном накоплении органического вещества (табл.1).

Таблица 1 – Трансформация агрохимических свойств почв сельхозугодий ООО «София» в 1989 – 2017 гг.

Год обследования	Агрохимические свойства почв							
	pH _{KCl}	H _г	Собм.	ЕКО	V, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Органическое вещество, %
		смоль(экв)/кг				мг/кг		
Сельхозугодья в целом								
1989	6,38	2,49	14,18	16,67	85	265	244	3,49
2017	5,36	4,92	7,64	12,56	61	183	121	5,28
Паспортизируемый агрохимический контур, в пределах которого размещён мелкоделяночный модельно-полевой опыт								
1989	5,67	3,36	10,15	13,51	75	161	220	3,94
2017	4,39	7,05	5,1	12,15	42	75	174	6,63
Паспортизируемый агрохимический контур, в пределах которого размещён производственный опыт								
1989	6,32	2,33	13,71	16,04	85	231	275	3,26
2017	5,38	5,19	8,24	13,43	61	128	94	6,13

Мелкоделяночный модельно-полевой опыт был заложен в 2017 году на залежи с дерново-слабоподзолистой глееватой тяжелосуглинистой почвой (pH_{KCl} – 4,27, H_г – 8,60 смоль(экв)/кг, Собм. - 11,30 смоль(экв)/кг, V – 57 %, P₂O₅ подв. – 54 мг/кг, K₂O подв. – 123 мг/кг, органическое вещество – 3,87%). Почва производственного опыта – того же генезиса, но с несколько лучшими агрохимическими свойствами (pH_{KCl} – 5,47, H_г – 4,85 смоль(экв)/кг, Собм. - 8,70 смоль(экв)/кг, V – 64 %, P₂O₅ подв. – 137 мг/кг, K₂O подв. – 111 мг/кг, органическое вещество – 5,93 %).

Опыты проводились на базе травяного звена полевого севооборота «однолетние травы + многолетние травы – многолетние травы – многолетние травы».

Модельно-полевой опыт двухфакторный. Фактор А – продукты технологической переработки ДКР продуктивностью 100т/га: щепка (100т/га), сечка (100т/га), биоуголь (10т/га), зола (1,05т/га). Фактор Б – комплекс химических мелиорантов (КМ): КМ 1 – птичий помёт (ПП), 20 т/га + доломит сыромолотый (ДСМ), 1Н_г (двухслойное внесение) + К₇₀; КМ 2 – ПП, 40т/га + ДСМ, 1Н_г (двухслойное внесение) + К₁₄₀; КМ 3 – ПП, 20 т/га + ДСМ, 1Н_г (заделка под плуг) + К₇₀; КМ 4 – ПП, 40 т/га + ДСМ (заделка под плуг) + К₁₄₀. Контрольный вариант – заплата дернины. Всего в опыте 25 вариантов. Общая площадь делянки – 3,3 м², учётная – 1,5 м²; повторность – трёхкратная.

В производственном опыте оценивалась эффективность только химических мелиорантов. Он включал четыре варианта: 1) контроль – заплата дернины без удобрений, 2) ДСМ, 1Н_г (12 т/га), 3) ПП, 80т/га, 4) ДСМ, 12т/га + ПП, 80т/га. Площадь делянки – 1,25 га, повторность – трёхкратная.

В составе полученной из ДКР щепки преобладали фракции размером от 5 до 15 см, в составе сечки – от 5 до 10 мм. Оба продукта имели влажность 44 %, золность – 1,9 % и содержали в сухом веществе 0,4 % N, 0,19 % P₂O₅ и 0,24 % K₂O. В составе золы – 3,1 % P₂O₅ и 10,1 % K₂O.

Использованные в опытах химические мелиоранты несколько различались по составу и свойствам. Партия птичьего помёта для модельно – полевого опыта содержала в сухом веществе 2,8 % N, 4,59 % P₂O₅ и 2,43% K₂O, для производственного – 3,24, 4,11 и 2,3% соответственно. Нейтрализующая способность сыромолотого доломита в первом опыте – 75 %, во втором – 90,8 %.

Щепка, сечка и биоуголь заделывались под вспашку, помёт – под вспашку и культивацию, зола – под предпосевную обработку почвы. Заделка сыромолотого доломита долями – (послойно) под вспашку и предпосевную обработку почвы.

Учёт урожая в опытах – сплошной весовой. Статистическая обработка данных выполнена дисперсионным методом. Химические анализы выполнялись в аккредитованной лаборатории ФГБУ «Станция агрохимической службы «Псковская» по соответствующим стандартным методикам.

3 ВЛИЯНИЕ СРЕДСТВ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОРОДИЯ (ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ХИМИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ) НА СВОЙСТВА ОСВАИВАЕМОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Поскольку длительное нахождение бывшей пахотной дерново-подзолистой почвы в залежном состоянии сопровождается ухудшением большинства её агропроизводственных свойств, одной из основных задач процесса освоения становится устранение этих негативных последствий. И ставка здесь может делаться на использование как химических мелиорантов, так и сводимой естественной растительности или продуктов её переработки.

3.1 Изменение свойств почвы в модельно-полевом опыте

Исследуемые в опыте средства воспроизводства плодородия почвы оказывали неодинаковое, но в целом положительное влияние на агрофизические свойства последней. В первую очередь это касается структурного её состояния (рис. 1).

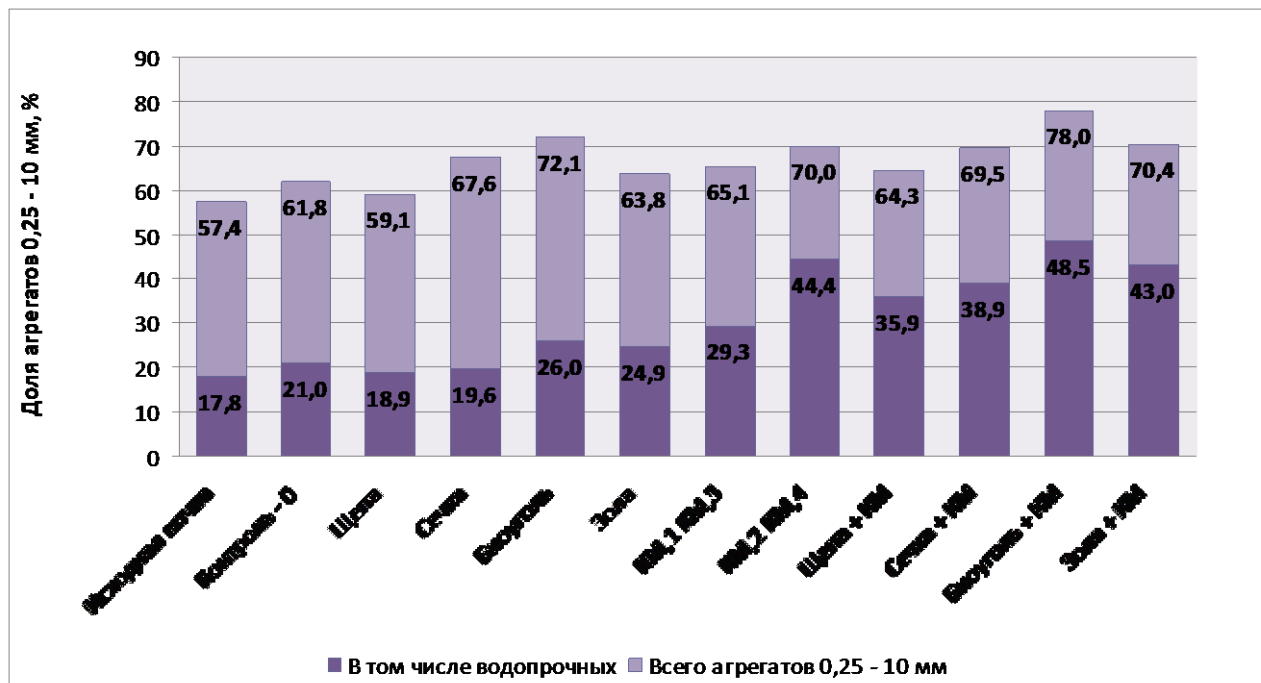


Рисунок 1 – Структурное состояние почвы пахотного слоя в конце опыта.

Обработка почвы и трёхлетнее возделывание трав позитивно отразились на её структурном состоянии даже в контрольном варианте опыта. Но лучшие показатели оструктуренности почвы в пределах пахотного слоя определялись запашкой биоугля, сечки из ДКР и комплекса мелиорантов. Так в варианте опыта с биоуглём доля агрономически ценных агрегатов увеличилась с 57,4 до 72,1 %, а в вариантах «биоуголь + комплекс мелиорантов» (в среднем) – до 78 %. При этом, односторонняя заделка в почву продуктов переработки ДКР вела к значительному увеличению доли агрегатов диаметром 0,25 – 10 мм, но слабо влияла на степень водопрочности последних. А на фоне химических мелиорантов доля водопрочных агрегатов возрастала в два и более раза.

Указанные выше варианты опыта относились к лучшим и по показателям общих физических, и водно-физических свойств осваиваемой почвы (плотности сложения, пористости, влагоёмкости).

Столь же неодинаково протекала под влиянием средств воспроизводства плодородия и трансформация агрохимических свойств почвы. В частности, запашка щепы и сечки из ДКР вела к незначительному подкислению и без того сильнокислой почвы (табл. 2). Напротив, запашка биоугля сопровождалась незначительным улучшением кислотно-основных свойств тяжёлой дерново-подзолистой почвы. И только внесение полученной сжиганием ДКР золы смогло ощутимо улучшить эти свойства и перевести почву в категорию среднекислых средненасыщенных основаниями. Но реальное достижение оптимальных параметров обеспечивалось применением сыромоломного доломита и птичьего помёта. В расчёте на 1 т доломита

Таблица 2 – Трансформация агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы модельно-полевого опыта в 2017 – 2019 гг.

Вариант опыта	Агрохимические свойства (над чертой – 2017 г., под чертой – 2019 г.)							
	рН _{KCl}	Нг.	Собм.	V, %	Нлг.	P ₂ O ₅ подв.	K ₂ Oподв.	Орг. в-во, %
		смоль(экв)/кг						
Контроль-0	4,33±0,08	5,89±0,18	6,62±0,22	53	52±3	64±2	153±4	4,01±0,15
	4,25±0,07	5,97±0,15	6,36±0,20	52	64±3	57±2	138±3	3,76±0,12
Щепа	4,28±0,07	5,94±0,20	6,47±0,24	52	47±2	51±2	141±3	3,91±0,13
	4,22±0,05	6,08±0,16	6,38±0,20	51	58±4	48±2	126±3	4,13±0,12
Сечка	4,25±0,05	5,90±0,17	6,55±0,22	53	53±3	45±2	135±3	4,00±0,10
	4,15±0,03	6,53±0,21	5,62±0,19	46	51±3	42±3	124±3	4,31±0,13
Биуголь	4,27±0,05	6,05±0,16	6,41±0,22	51	56±3	41±2	107±4	3,85±0,11
	4,44±0,07	6,11±0,13	6,68±0,22	52	72±5	53±3	94±3	4,59±0,14
Зола	4,25±0,06	6,07±0,16	6,34±0,20	51	52±2	65±2	109±3	3,78±0,08
	4,64±0,06	5,37±0,16	8,75±0,25	62	75±6	83±3	90±3	3,70±0,12
KM (в среднем)	4,21±0,06	6,16±0,19	6,29±0,20	51	50±3	55±3	133±5	3,76±0,10
	5,45±0,08	2,97±0,14	10,55±0,26	78	92±5	159±7	150±8	4,81±0,16
Щепа+ KM (в среднем)	4,27±0,06	6,06±0,19	6,42±0,20	52	53±3	51±2	134±4	3,79±0,11
	5,45±0,08	2,99±0,13	10,54±0,32	78	88±5	158±8	154±9	5,18±0,14
Сечка+ KM (в среднем)	4,25±0,07	6,04±0,20	6,41±0,20	52	53±3	51±2	139±3	3,77±0,10
	5,27±0,08	3,56±0,14	9,01±0,30	72	84±5	139±8	171±6	5,35±0,15
Биуголь+ KM (в среднем)	4,28±0,06	5,90±0,21	6,58±0,21	53	50±3	55±3	109±3	3,95±0,10
	5,27±0,08	2,47±0,12	12,42±0,37	84	100±6	179±7	134±9	5,60±0,17
Зола+ KM (в среднем)	4,32±0,06	5,97±0,20	6,48±0,23	52	51±3	60±3	114±5	4,04±0,11
	5,77±0,08	2,57±0,12	12,27±0,34	83	100±6	207±10	171±10	4,49±0,16

рН_{KCl} увеличивался на 0,1 ед., а на 1т сухого вещества помёта – на 0,008 ед. Лучшие по опыту показатели кислотно–основных свойств почвы (рН_{KCl} - 5,64 – 5,89, S - 11,62 – 12,91 смоль(экв)/кг, V - 81 – 85%) соответствовали вариантам применения комплекса мелиорантов совместно с биоуглем и золой.

Поскольку схемой опыта была определена значительная дифференциация вариантов по интенсивности баланса NPK, это выразилось и неодинаковой трансформацией свойств и режимов почвы.

При односторонней заделке в почву продуктов переработки ДКР баланс элементов питания был почти всегда отрицательным, а это привело к небольшому уменьшению содержания подвижного фосфора, обменного и водорастворимого калия. Внесение одинарной и двойной дозы помёта, дополненного минеральным калийным удобрением, обеспечивало формирование профицитного баланса NPK в звене севооборота и увеличение содержания подвижных и легкоподвижных соединений этих питательных элементов. При сочетании мелиорантов с продуктами переработки ДКР интенсивность баланса NPK ещё увеличивалась, что выразилось прибавками в содержании соединений азота: валовых – 0,08%, легкогидролизуемых – 44 мг/кг, минеральных – 19 мг/кг; фосфора: валовых – 0,08 %, подвижных – 127 мг/кг, степени подвижности фосфатов – 0,16 мг/л; калия: подвижных – 31 мг/кг, водорастворимых – 41 мг/кг.

Таким образом, совместное применение изучаемых средств воспроизводства плодородия почвы позволило приблизить её агрохимические показатели к оптимальным параметрам для почв полевых севооборотов.

3.2 Изменение свойств почвы в производственном опыте

Внесение ДСМ и ПП в высоких разовых дозах привело к изменениям всех изучаемых агрохимических свойств почвы (табл. 3).

Таблица 3 – Трансформация агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы производственного опыта в 2017-2019гг.

Вариант опыта	Агрохимические свойства (над чертой – до закладки опыта, под чертой – в конце опыта)							
	рН _{KCl}	Нг.	Собм.	ЕКО	V, %	Орган. в-во, %	P ₂ O ₅ _{подв.}	K ₂ O _{подв.}
							смоль(экв)/кг	
Контроль	5,44±0,08	4,85±0,18	8,69±0,22	13,54±0,40	64	6,04±0,18	146±12	118±15
	5,30±0,06	5,12±0,16	8,21±0,20	13,33±0,36	62	5,98±0,15	131±13	99±11
ДСМ, 12 т/га	5,48±0,09	4,76±0,18	8,77±0,25	13,53±0,43	65	5,95±0,19	141±23	112±17
	6,11±0,09	3,02±0,13	12,05±0,29	15,07±0,42	80	5,73±0,26	132±16	87±9
ПП, 80 т/га	5,52±0,08	4,90±0,16	8,74±0,18	13,64±0,34	64	5,87±0,22	128±18	106±12
	5,68±0,07	4,26±0,16	10,05±0,21	14,31±0,37	70	6,09±0,34	195±15	146±15
ДСМ, 12 т/га + ПП, 80 т/га	5,44±0,07	4,87±0,14	8,58±0,20	13,45±0,34	64	5,87±0,20	134±15	109±10
	6,38±0,09	2,42±0,15	13,41±0,26	15,83±0,41	85	6,12±0,28	211±20	118±12

В контрольном варианте опыта на фоне значительного дефицита баланса кальция и магния кислотнo-основные свойства почвы несколько ухудшились - рН_{KCl} снизился на 0,14 ед., гидролитическая кислотность увеличилась, а сумма обменных оснований уменьшилась на 6 %. Внесение ДСМ в полной дозе по гидролитической кислотности позволило оптимизировать эти свойства. Правда, затраты мелиоранта на повышение рН_{KCl} на единицу (19 т/га) значительно превысили норматив для данной категории почв (12 т/га). В составе птичьего помёта в почву поступало 1051 кг/га СаО + MgO, что в разы меньше, чем в составе ДСМ. Поэтому меньшими, но статистически достоверными, были и позитивные изменения в кислотнo-основных свойствах почвы. Совместное применение ДСМ и ПП позволило вернуть показатели этих свойств на уровень 1989 года (табл. 1).

Изменение содержания подвижного фосфора по вариантам опыта происходило в соответствии с балансом этого питательного элемента за трёхлетие. При дефицитном балансе (первых два варианта) содержание фосфатов снижалось из расчёта: на 1 мг Р₂O₅ в 1 кг почвы на каждые 19 кг/га дефицита; при профицитном балансе (варианты внесения ПП) – повышалось из расчёта: на 1 мг Р₂O₅ в 1 кг почвы на каждые 5,5 кг/га дополнительных фосфатов удобрений.

В отличие от фосфора, баланс калия был дефицитным во всех вариантах опыта. Но существенное снижение содержания обменного калия имело место только в двух первых вариантах. При одностороннем внесении помёта оно даже повысилось на 40 мг в 1 кг почвы, что могло быть следствием положительного влияния ПП на процессы трансформации соединений почвенного калия (переход в обменное состояние части необменного).

Вследствие кратковременности периода наблюдений, изменение содержания в почве органического вещества регистрировалось как весьма закономерная, связанная с его балансом тенденция. На фоне 80т/га ПП оно незначительно возрастало, а в контрольном варианте и на фоне ДСМ - снижалось.

Таким образом, наблюдения за процессами трансформации свойств осваиваемой почвы показало, что изучаемые средства воспроизводства плодородия неодинаково, но в целом положительно влияли почти на все агрохимические и агрофизические свойства. Поэтому нет, основания считать изменение последних в процессе освоения залежи как одну из причин снижения урожайности первой сельскохозяйственной культуры. Но оптимизация этих свойств у подвергшейся деградационному процессу дерново-подзолистой почвы должна предполагать обязательность сочетания продуктов переработки ДКР с химическими мелиорантами.

4 АГРОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРЕДСТВ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПРИ ОСОВЕНИИ ЗАКУСТАРЕННОЙ ЗАЛЕЖИ

Окупаемость значительных затрат на освоение закустаренных залежных земель во многом определяется показателями агрономической эффективности мелиоративных и агротехнических мероприятий, то-есть высотой урожайности и качеством растительной продукции. Причём, если на старопахотных землях агрономическая эффективность чаще хорошо коррелирует с происходящими изменениями в агрохимических свойствах, то на вновь освоенной дерново-подзолистой почве эта закономерность не столь однозначна.

4.1 Результаты исследований в модельно-полевом опыте

В год освоения залежи однолетние травы в контрольном варианте опыта (по фону запаханной дернины) давали невысокий урожай зелёной массы, соответствующий слабой окультуренности почвы (табл. 4). Заделка же в эту почву переработанной в щепу и сечку ДКР привело к резкому (в 2,2 и 5 раз) снижению и такой урожайности, хотя в составе последних в расчёте на 1га в почву поступало 220 кг N, 106 кг P₂O₅ и 130 кг K₂O. При этом в фазу полных всходов наблюдалось даже визуально заметное угнетение растений. Негативные последствия заделки древесины, объясняемые иммобилизацией азота почвы и удобрений целлюлозоразлагающими бактериями и образованием токсичных высокомолекулярных органических соединений, в прежних работах характеризовались как мало опасные (Рылов В.Н., Стариков Х.Н., 1973; Семёнов Н.А. и др., 2011, 2012; Адико Я.И.О., 2017). В нашем опыте возрастание ущерба могло стать следствием высокой кислотности и тяжёлого гранулометрического состава почвы на фоне избыточно влажной и холодной погоды. Не исключены и негативные последствия нарушения строения пахотного слоя почвы в результате заделки значительного объёма щепы и сечки.

Существенно (на 42 и 46 %) урожайность трав понизилась и в результате заделки в почву биоугля и золы. В первом случае, вероятно, сказалась конкуренция с растениями за поглощение элементов питания (с учетом высокой поглотительной способности биоугля). Зола же, внесённая в дозе 1,05 т/га в верхний слой почвы, могла создать избыточную концентрацию солей в зоне прорастания семян.

Эффективность комплекса мелиорантов на фоне запаханной дернины оказалась сравнительно невысокой (прибавка урожайности в среднем 23 %). Не оправдалось в

Таблица 4 – Влияние средств воспроизводства плодородия почвы на урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивности звена севооборота

Вариант опыта		Урожайность зеленой массы, т/га			Продуктивность звена севооборота, т к. ед./га	Прибавка продуктивности	
		Однолетние травы (2017 г)	Многолетние травы (2018 г)	Многолетние травы (2019 г)		т/га к.ед.	%
Фактор А	Фактор Б						
Контроль - 0	Контроль - 0	22,9	21,7	51,7	15,9		
Щепа	0	10,4	21,3	47,5	13,3	-2,6	-16
Сечка	0	4,6	19,1	38,8	10,5	-5,4	-34
Биоуголь	0	12,3	28,5	55,2	16,1	0,2	1
Зола	0	13,3	25,8	54,1	15,6	-0,3	-2
Контроль - 0	КМ, 1	30,2	23,8	57,4	18,3	2,4	15
Щепа	КМ, 1	28,6	26,7	53,1	17,9	2	13
Сечка	КМ, 1	27,6	32,2	52,4	18,5	2,6	16
Биоуголь	КМ, 1	28,5	30,7	61,8	20	4,1	26
Зола	КМ, 1	25,7	32,3	61,4	19,8	3,9	25
Контроль - 0	КМ, 2	28,1	23,8	57,8	18,1	2,2	14
Щепа	КМ, 2	34,2	32,1	56,4	20,2	4,3	27
Сечка	КМ, 2	29,9	36,6	55,3	20,1	4,2	26
Биоуголь	КМ, 2	38	32,9	63,5	22,1	6,2	39
Зола	КМ, 2	28,9	32,1	64,8	20,8	4,9	31
Контроль - 0	КМ, 3	26,1	21,3	51,6	16,3	0,4	3
Щепа	КМ, 3	28,2	26,4	58,7	18,7	2,8	18
Сечка	КМ, 3	18,1	28,3	51,4	16,2	0,3	2
Биоуголь	КМ, 3	31,1	33,4	59	20,4	4,5	28
Зола	КМ, 3	34,3	30,9	62,7	21,1	5,2	33
Контроль - 0	КМ, 4	27,9	21,3	51,3	16,5	0,6	4
Щепа	КМ, 4	31,4	28,2	57	19,2	3,3	21
Сечка	КМ, 4	35,4	28,0	52,8	19,1	3,2	20
Биоуголь	КМ, 4	44,2	35,6	61,2	23,1	7,2	45
Зола	КМ, 4	40,7	37,6	61,5	23	7,1	45
НСР ₀₅ Фактор А		1,5	2,2	3,1	0,4		
Фактор Б		2,7	3,1	4,4	0,6		
Взаимодействие АБ		3,3	5,7	7	0,9		

этих условиях и удвоение дозы ПП. Послойное внесение ДСМ обеспечило небольшое преимущество только в сочетании с одинарной дозой ПП. Но, зато оптимизация свойств почвы применением ПП и ДСМ позволила значительно уменьшить ущерб от заделки щепы и сечки, а в вариантах с биоуглём и золой даже добиться повышения урожайности относительно контроля на 3,8 и 1,6 т/га соответственно. Эффективность самого КМ в таких условиях повысилась кратно. На фоне продуктов переработки ДКР стало оправданным и удвоение дозы ПП, повысившее прибавки урожайности в полтора раза. В то же время дробление дозы ДСМ не дало эффекта, а в вариантах опыта с золой даже привело к снижению урожайности. По-видимому, при глубокой заделке доломита меньше сказывалось отрицательное влияние высокой концентрации кальция на потребление растениями калия.

Вегетационные периоды 2018 и 2019 гг. сильно отличались по метеоусловиям, что выразилось двукратным различием в урожайности многолетних трав. Но, в целом, характер последствия средств воспроизводства плодородия от этого не менялся.

И на посевах многолетних трав продолжалось ощущаться негативное действие запаханых ранее щепы и сечки. Варианты же с односторонним внесением биоугля и золы превысили показатели контроля на 10 и 9 % соответственно.

Последствие КМ на свободной от продуктов переработки ДКР почве было слабым, вероятно, вследствие минерализации достаточно мощной дернины. А в сочетании с такими продуктами - весьма стабильным. Относительные прибавки урожайности составили (в среднем): при внесении по щепе – 23, сечке - 37, биоуглю – 13, золе – 20 %. Прибавки от удвоения дозы ПП и послойного внесения ДСМ были незначительными. Отчасти это объясняется генетической устойчивостью к кислотности почвы клевера Лугового сорта Орфей, составлявшего основу травосмеси.

Анализ данных по звену севооборота показал, что односторонняя заделка в осваиваемую почву продуктов переработки ДКР обеспечивала либо тот же результат, что и заплата одной дернины (варианты опыта с биоуглём и золой), либо приводила к снижению продуктивности на 16 и 34 % (варианты со щепой и сечкой: табл. 4, рис. 2).

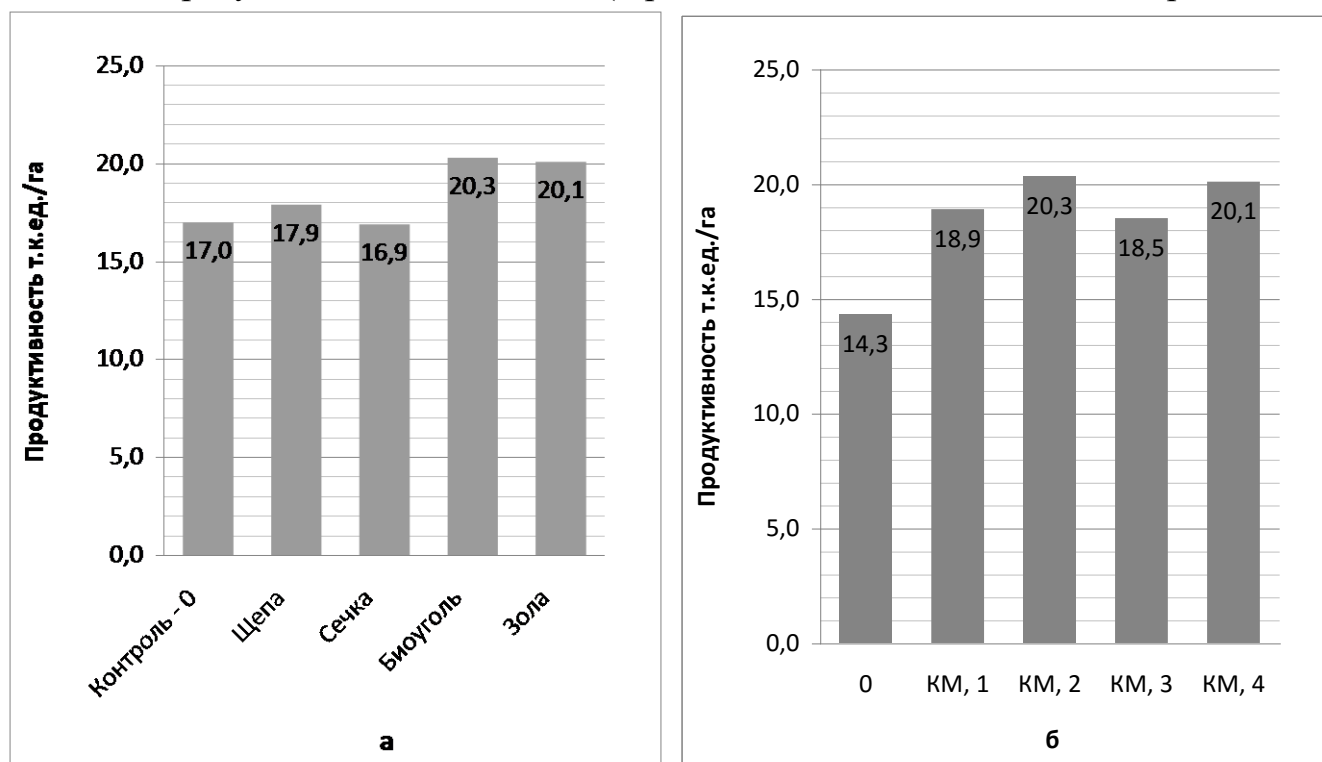


Рисунок 2 – Продуктивность звена севооборота:

а – в среднем по вариантам фактора А; б – в среднем по вариантам фактора Б

Это служит дополнительным подтверждением необходимости своевременного освоения залежных земель. Предотвратить ущерб от заделки в осваиваемую почву измельчённой ДКР удавалось только применением высоких доз химических мелиорантов. В результате продуктивность звена севооборота повышалась (в среднем) с 11,9 до 19,1 т/га к.ед. Ещё лучшие показатели достигались в вариантах опыта, в которых мелиоранты сочетались с биоуглём и золой. Кроме того, согласно теоретическим расчётам, сведение ДКР переработкой в биоуголь позволило сократить на 71 % (с 46,2 до 10,3 т/га) выбросы в атмосферу диоксида углерода.

Удвоение дозы помёта, дополненного калийным удобрением, обеспечивало стабильное повышение продуктивности только по фону заделки в почву сечки и биоугля. Вполне вероятно, что ожидаемый эффект может возрасти в последующие годы. Послойное внесение ДСМ дало несколько лучшие результаты в вариантах с корчевкой ДКР и запашкой сечки. А в сочетании с золой эффективнее была его глубокая заделка под плуг.

Заделка в осваиваемую почву ДКР, переработанной в щепу и сечку, вела не только к снижению урожайности, но и кормовой ценности первой сельскохозяйственной культуры (табл. 5). В частности, наблюдалось уменьшение

Таблица 5 – Влияние средств воспроизводства плодородия на качество зелёной массы однолетних и многолетних трав

Вариант опыта	Содержание в сухом веществе зеленой массы трав, % (первая цифра - однолетние травы, вторая - многолетние травы в среднем за 2 года.)					
	сырой прот.	зола	Са	Р	К	клетчатка
Контроль - 0	9,5/16,6	5,1/7,4	0,27/0,85	0,33/0,37	2,63/2,50	25,3/21,3
Щепа	8,9/16,1	4,3/7,4	0,21/0,84	0,28/0,29	1,58/2,56	25,0/20,6
Сечка	7,6/16,8	4,7/7,6	0,30/0,74	0,26/0,28	1,64/2,38	25,3/20,3
Биоуголь	9,6/17,3	4,2/7,6	0,17/0,94	0,30/0,31	1,81/2,4	22,7/20,5
Зола	8,9/16,9	4,8/7,4	0,30/0,98	0,31/0,31	2,10/2,53	27,5/19,1
КМ (в среднем)	16,8/17,3	6,5/7,8	0,32/0,90	0,40/0,33	3,09/2,64	25,6/21,4
Щепа + КМ (в среднем)	17,0/17,3	6,8/7,6	0,25/0,97	0,40/0,33	2,93/2,67	25,8/20,5
Сечка + КМ (в среднем)	13,1/18,0	6,4/7,8	0,27/0,90	0,37/0,32	2,60/2,47	25,1/21,6
Биоуголь+КМ (в среднем)	19,0/17,8	7,5/7,6	0,38/0,95	0,43/0,34	2,77/2,49	25,2/20,7
Зола + КМ (в среднем)	19,5/17,0	7,3/7,9	0,42/0,98	0,42/0,35	2,91/2,60	25,2/21,8

содержания в зелёной массе сырого протеина на 13, зольных веществ – на 12, в том числе фосфора – на 18 и калия – на 39 % (относительных). На отдельные качественные показатели отрицательно повлияла и заделка биоугля и золы.

Внесение КМ, как в чистом виде, так и на фоне продуктов переработки ДКР, способствовало улучшению качества продукции и, особенно, повышению (до двух раз) содержания сырого протеина. При этом лучшие показатели обеспечивались сочетанием мелиорантов с биоуглём и золой.

В последующие два года влияние изучаемых факторов на качество продукции проявилось в большей степени через изменение ботанического состава травостоя. В контрольном варианте и в вариантах с продуктами переработки ДКР в травостое господствовал клевер луговой неприхотливого сорта «Орфей», а на фоне КМ доля злаков могла достигать 63 %. Поэтому качественный состав зелёной массы в последнем случае ощутимо понижался. В среднем же за два года эти различия в значительной мере сгладились.

Сбор сырого протеина с единицы площади, используемый в качестве одного из интегральных показателей агрономической эффективности, указывает на целесообразность комплексного применения средств воспроизводства плодородия почвы. В среднем по вариантам опыта его величина составила: при односторонней заделке продуктов переработки ДКР – 2,02, по фону мелиорантов – 2,83, а при совместном применении – 3,24 т/га (в контрольном варианте опыта - 2,21 т/га).

4.2 Результаты исследований в производственном опыте

Обеспеченное применением ДСМ и ПП улучшение свойств почвы осваиваемой залежи (табл. 3) выразилось и соответствующими показателями агрономической эффективности (табл. 6). И в прямом действии, и в последствии исключительно

Таблица 6 – Влияние мелиорантов на продуктивность трав и звена севооборота

Вариант опыта	Урожайность зеленой массы, т/га			Продуктивность звена севооборота, т/га к.ед.	Прибавка продуктивности	
	однолетние травы (2017 г.)	многолетние травы (2018 г.)	многолетние травы (2019 г.)		т/га к.ед.	%
Контроль - 0	6,8	24,4	29,6	20,84		
ДСМ, 12 т/гаЩепа	9,1	30,5	36,2	26,23	5,39	26
ПП, 80 т/гаСечка	14,3	34,3	42	31,34	10,50	37
ДСМ, 12 т/га + ПП, 80 т/га	19,7	39,3	51,8	39,95	19,11	92
НСР ₀₅	1,5	1,8	2,4	0,72		

высоким эффектом характеризовался вариант совместного применения ДСМ и ПП. В целом за три года в расчёте на 1 т ДСМ получено 449 кормовых единиц, на 1т ПП - 131 кормовая единица.

Качество сенажа из зелёной массы трав чаще соответствовало требованиям 1-го и 2-го классов. Мелиоранты на исходно слабокислой почве положительно влияли почти на все изучаемые показатели качества: содержание сырого протеина, каротина, зольных веществ. В составе золы в вариантах опыта с применением ДСМ несколько возростала доля кальция и снижалась – калия. Валовой сбор сырого протеина за трёхлетие составил по вариантам: контроль (без удобрений) – 5,07, ДСМ, 12 т/га – 6,57, ПП 80 т/га – 7,81, ДСМ 12т/га + ПП, 80 т/га – 9,43 т/га.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРЕДСТВ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПРИ ОСВОЕНИИ ЗАКУСТАРЕННОЙ ЗАЛЕЖИ

Освоение закустаренных залежных земель связано со значительными капиталовложениями, окупаемость которых зависит от характеристик объекта освоения, технологии освоения и научной обоснованности последующего сельскохозяйственного использования. Результаты экономического анализа технологий, соответствующих вариантам модельно-полевого опыта, в сокращенном виде представлены в таблице 7.

Минимальной затратностью 18,5 – 25,8 тыс. руб/га характеризовались технологии освоения, основанные на заделке в почву древесно-кустарниковой растительности, переработанной в щепу и сечку, а максимальной (85,8 тыс. руб/га) – переработанной в биоуголь. Применение комплекса мелиорантов удорожало все технологические варианты освоения в среднем на 25 тыс. рублей. Высокая агрономическая эффективность в вариантах опыта с биоуглём не компенсировала затрат на освоение залежи и трёхлетнее возделывание трав. Остальные технологические варианты обеспечили полную самоокупаемость даже при оценке полученной продукции овсяной кормовой единицей (1к.ед. – 9 руб 50 коп.)

Таблица 7 – Экономическая эффективность освоения залежи и последующего трёхлетнего сельскохозяйственного использования

Вариант технологии	Затраты, тыс. руб/га			Произведено продукции		Чистый доход, тыс. руб/га		Рентабельность, %	
	освоение	произв. продукции	всего	т/га к.ед.	стоимость тыс. руб.	по к.ед.	по производ. молока	по к.ед.	по производ. молока
Контроль - 0 (корчевка)	40,7	71,5	112,2	15,9	151,0	38,8	253,1	38	226
Заделка щепы	18,5	59,8	78,3	13,3	126,4	48,1	227,4	61	290
Заделка сечки	25,8	47,3	73,1	10,5	99,8	26,7	168,8	37	231
Заделка биоугля	85,8	72,4	158,2	16,1	153,0	-5,2	211,9	-3	134
Заделка золы	44,0	70,2	114,2	15,6	148,2	34,0	243,9	30	214
Корчевка + КМ	65,9	73,7	139,6	16,4	155,8	16,2	237,5	12	170
Заделка щепы + КМ	43,6	85,3	128,9	19,0	180,0	51,1	306,5	40	238
Заделка сечки + КМ	51,0	79,5	130,5	17,6	167,7	37,2	274,8	29	211
Заделка биоугля + КМ	111,1	97,9	209,0	21,7	206,6	-2,4	290,8	-1	139
Заделка золы + КМ	69,2	99,2	168,4	22,0	209,5	41,1	337,9	25	201

При оценке произведённого корма через реализационную цену полученного за их счёт молока уровень рентабельности достигал 170 – 290 %.

Лучшие показатели чистого дохода и рентабельности (28 – 61 %) соответствовали вариантам с заделкой в почву щепы и сечки, удовлетворительные (24 – 25 %) – варианту с внесением золы. Применение комплекса мелиорантов в этих технологических вариантах увеличивало чистый доход в среднем на 19 %. В вариантах освоения незакустаренной залежи рентабельность производства продукции растениеводства (сенажа) в среднем была вдвое выше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Современное состояние земельного фонда ООО «София» Тосненского района Ленинградской области типично для всего Северо-Западного региона РФ. На долю залежных земель хозяйства приходится 24 % площади сельскохозяйственных угодий. Их культуртехническое состояние неудовлетворительное. Степень закустаренности колеблется от 26 до 79 %, степень закаменённости – от слабой до средней. Ботанический состав ДКР представлен на 97 % ольхой серой, осинкой обыкновенной, берёзой бородавчатой и видами ивы. В автоморфных условиях на залежи господствуют берёза и осина, в полугидроморфных – ива. Запас надземной биомассы ДКР на залежных землях определяется её ботаническим составом, почвенно-экологическими условиями и продолжительностью периода зарастания, достигая при сплошном зарастании 120 – 140 т/га при доминировании ивы и 150 – 180 т/га – берёзы и осины.

2. Обработка почвы и применение средств воспроизводства плодородия при освоении залежи вызвали улучшение неблагоприятных агрофизических свойств тяжелосуглинистой глееватой дерново-подзолистой почвы. Через три года после освоения доля агрономически ценных агрегатов увеличилась в среднем на 11 %, в том числе водопрочных – на 15 %; плотность сложения уменьшилась на 0,13 г/см³, а

пористость и полевая влагоёмкость повысились на 4,2 и 1,6 % соответственно. Запашка продуктов переработки древесно-кустарниковой растительности в большей степени влияла на общее содержание агрегатов диаметром 0,25 – 10 мм и в меньшей – на их водопрочность. Комплекс химических мелиорантов (сыромолотый доломит и птичий помёт) способствовал улучшению всех агрофизических свойств.

3. Неудовлетворительные кислотно-основные свойства осваиваемой почвы в результате заделки в неё щепы и сечки из ДКР ухудшались. Биоуголь оказывал слабое, а зола – выраженное положительное влияние на эти свойства. Необходимый для требовательных кормовых культур уровень оптимизации кислотно-основных свойств достигался применением доломита и птичьего помёта. В расчёте на 1 т сыромолотого доломита pH_{KCl} увеличивался на 0,05 – 0,10 ед., на 1 т помёта – на 0,008 – 0,009 ед. Оптимальные показатели (pH_{KCl} – 5,64 – 5,89; Собм. – 11,62 – 12,90 смоль/кг; V – 81 – 85 %) исходно сильнокислой почвы достигались сочетанием комплекса мелиорантов с биоуглём и золой.

4. Динамика показателей обеспеченности почвы органическим веществом и основными макроэлементами зависела от баланса этих веществ и элементов в звене севооборота. Незначительный профицит баланса органического вещества формировался в вариантах опыта с заделкой в почву щепы, сечки и биоугля. Во всех вариантах с продуктами переработки ДКР дефицитным был баланс азота и калия, а в большей части – и фосфора, что вызвало снижение в среднем по вариантам содержания легкогидролизуемого азота на 14, подвижных соединений фосфора – на 21, калия – на 9 %. Профицитный баланс и выраженная оптимизация комплекса агрохимических свойств почвы обеспечивались совместным внесением продуктов переработки ДКР с комплексом химических мелиорантов. В среднем по вариантам опыта затраты остаточного фосфора и калия мелиорантов на повышение содержания в почве подвижных соединений P_2O_5 и K_2O на 1 мг/кг составили 10,5 и 9,9 кг соответственно.

5. При заделке в кислую тяжелосуглинистую почву продуктов переработки древесно-кустарниковой растительности наблюдалось значительное (на 42-80 %) снижение урожайности первой сельскохозяйственной культуры – однолетних трав. Отрицательное влияние сечки и щепы было ощутимым и в последующие два года. В результате продуктивность звена севооборота в варианте опыта с заделкой в почву сечки понизилась относительно показателя контрольного варианта в 15,9 т/га к.ед. на 34 %, щепы – на 16 %, а биоуголь и зола оказались неэффективными.

6. Поскольку при современных технологиях освоения закустаренной залежи заделка в почву продуктов переработки ДКР неизбежна, предотвратить негативные последствия и добиться высокого агрономического эффекта можно применением химических мелиорантов с учётом конкретных почвенных условий. Изучаемый в модельно-полевом опыте комплекс мелиорантов (доломит сыромолотый, 10 т/га и птичий помёт, 20-40 т/га в сочетании с К70-140) обеспечил повышение продуктивности звена севооборота на фоне заделанных в почву щепы с 13,3 до 19,0 (на 43 %), сечки – с 10,5 до 19,2 (на 83 %), биоугля – с 16,1 до 21,4 (на 33 %), золы – с 15,6 до 21,2 т/га к.ед. (на 37 %).

7. Заделка в почву продуктов переработки ДКР ухудшила кормовую ценность зелёной массы однолетних трав, снизив в среднем содержание сырого протеина и зольных веществ на 8 и 13 % (отн.) соответственно. Применение комплекса

мелиорантов повысило в среднем по вариантам содержание сырого протеина с 8,8 до 17,2 (на 94 %), сырой золы - с 4,5 до 6,9 (на 53 %), фосфора - с 0,25 до 0,33 (на 32 %), кальция – с 0,29 до 0,41 (на 41 %), калия – с 1,78 до 2,80 % (на 57 %). В последующие годы качественный состав зелёной массы многолетних трав во многом зависел от доли клевера лугового в составе травостоя. В вариантах опыта с применением высоких доз помёта этот показатель снижался, что ослабляло положительное действия комплекса мелиорантов на качество продукции.

8. Минимальной затратностью (18,5 – 25,8 тыс. руб./га) характеризовались технологии освоения закустаренной залежи, основанные на одновременной переработке ДКР в щепу или сечку и заделке их в почву, а максимальной (85,8 тыс. руб./га) – с предварительной переработкой в биоуголь. Применение комплекса химических мелиорантов удорожало все технологические варианты освоения на 22 – 28,4 тыс. руб./га. При оценке экономической эффективности по стоимости производимого за счёт получаемых кормов молока все изученные технологические варианты освоения залежи обеспечивали полную окупаемость затрат при уровне рентабельности от 143 до 290 %. Максимальный уровень чистого дохода в 251,9 – 352,8 тыс. руб./га за три года получен в вариантах совместного применения продуктов переработки ДКР и комплекса местных мелиорантов. Уровень рентабельности производства продукции в звене севооборота при освоении незакустаренной залежи (производственный опыт) был в среднем вдвое выше, чем среднезакустаренной.

9. На высокогумусной тяжёлой дерново-подзолистой почве осваиваемой залежи повышение доз птичьего помёта с 20 до 40 т/га по сухому веществу значительно ускоряло процесс оптимизации неблагоприятных агрофизических и агрохимических свойств почвы, но с агрономических позиций было оправдано только при заделке в почву сечки и биоугля (прибавка продуктивности 13-14 %). Дробление на два приёма и послойное внесение полной (по гидролитической кислотности) дозы доломита сыромолотого целесообразно только при сочетании с технологиями корчевки и мульчировки (внесения сечки) ДКР (прибавка продуктивности 12 – 13 %).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Учитывая затратность любых технологий сведения древесно-кустарниковой растительности и существенные негативные для сельскохозяйственных растений последствия её заделки в почву, залежные земли целесообразно вводить в оборот до их зарастания кустарником и мелколесьем.

2. При освоении закустаренных залежных земель с подвергшимися деградации плодородия почвами необходимо использовать технологии на базе современной мелиоративной техники, позволяющей заделывать ДКР в почву в переработанном виде, отдавая предпочтение с экономических позиций фрезерному (щепа), мульчировочному (сечка) и топливному (зола) технологическим вариантам сведения ДКР. С экологических позиций ограничения выбросов CO₂ и воспроизводства плодородия дерново-подзолистых почв более обоснован выбор биоуголевого технологического варианта.

3. Для преодоления негативных для растений последствий заделки в почву продуктов переработки ДКР (экв. 100 т/га биомассы) и воспроизводства плодородия необходимо обязательно применять комплекс местных химических мелиорантов с

учётом конкретных почвенных и экономических условий: птичий помёт в дозах 20-40 т/га по сухому веществу, доломит сыромолотый в дозах по полной гидролитической кислотности, калийные удобрения – исходя из нуждаемости возделываемых культур.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в перечне изданий, рекомендованных ВАК:

1. Иванов, А.И. Эффективность вторичного освоения кормовых угодий в условиях Тосненской низины / А.И. Иванов, Ж.А. Иванова, Е.Я. Рижия, М.В. Архипов, **И.В. Соколов**, А.А. Вязовский // Земледелие. – 2019. – № 3. – С.7-11.
2. Иванов, А.И. О некоторых проблемах вторичного освоения закустаренных кормовых угодий на Северо-Западе России / А.И. Иванов, Ж.А. Иванова, **И.В. Соколов**, И.И. Петров, А.М. Кудрявцев // Кормопроизводство. – 2019. – № 8. – С. 5-9.
3. Иванов, А.И. Вторичное освоение неиспользуемых угодий / А.И. Иванов, Ж.А. Иванова, **И.В. Соколов** // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – № 2. – С. 48-52.
4. Иванов, А.И. Биоуголь в технологиях освоения закустаренной залежи / А.И. Иванов, Ж.А. Иванова, **И.В. Соколов**, А.А. Вязовский // Агротехнический вестник. – 2020. – № 2.– С. 21-26.
5. Иванов, А.И. Агрэкологическая эффективность освоения закустаренных залежных земель на Северо-Западе РФ / А.И. Иванов, **И.В. Соколов** // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 2. – С. 26-30.
6. Иванов, А.И. Агрономическая эффективность освоения закустаренной залежи с учетом использования различных средств воспроизводства почвенного плодородия / А.И. Иванов, Ж.А. Иванова, **И.В. Соколов** // Плодородие.— 2020.— №2 (113). – С. 37-40.
7. **Соколов, И.В.** Освоение запущенных земель в ленинградской области: проблема не одна / И.В. Соколов // Агрофизика. – 2020. – № 2. – С. 27-33.

Публикации в других изданиях:

8. Иванов, А.И. Дистанционное зондирование в решении проблем вторичного освоения сельхозугодий / А.И. Иванов, Ж.А. Иванова, Е.Я. Рижия, **И.В. Соколов**, И.И. Петров. Применение средств дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве. С-Пб.: АФИ, 2018. – С. 158-164.
9. Иванов, А.И. Насущные проблемы вторичного освоения выведенных из оборота земель в условиях Нечерноземья / А.И. Иванов, **И.В. Соколов**. Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации. М.: Изд-во ВНИИГиМ, 2019. – С. 162-166.
10. Иванова, Ж.А. Заращение и вторичное освоение сельскохозяйственных угодий на Северо-Западе России / Ж.А. Иванова, **И.В. Соколов**. Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства. Киров: Вятская ГСХА, 2019. Ч. 1. – С. 23-30.
11. Иванова, Ж.А. Эффективность нового удобрения на основе отходов птицеводства в полевом севообороте / Ж.А. Иванова, **И.В. Соколов**. Отходы, причины их образования и перспективы использования. Краснодар: Изд-во КГАУ, 2019. – С.541-544.

12. **Соколов, И.В.** Вторичное освоение сельскохозяйственных угодий в Ленинградской области: проблемы и решения / И.В. Соколов. Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего. СПб.: ФГБНУ АФИ, 2019. – С. 736-740.

13. **Соколов, И.В.** Агротехнические аспекты эффективного освоения залежи в условиях Тосненской низины / Высокопродуктивное и экологически чистое агрохозяйство на мелиорированных землях. Тверь: ФГБНУ ВНИИМЗ, 2019. – С. 181-186.

14. **Соколов И.В.** Эффективность освоения залежи под травы / И.В. Соколов. Экология и мелиорация агроландшафтов: перспективы и достижения молодых учёных. Материалы 7 Международной научно-практической конференции молодых учёных. Волгоград: ФНЦ Агроэкологии РАН, 2019. – С. 49-50.

15. **Соколов, И.В.** Эффективность мелиоративного освоения залежи в современных условиях / И.В. Соколов. Научные приоритеты адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства. Краснодар: ФГБНУ ВНИИ риса, 2019. – С. 140-142.

16. **Соколов, И.В.** Проблемы зарастания и эффективного освоения залежей под кормовые угодья / И.В. Соколов. Современное состояние и перспективы развития лугового кормопроизводства в XXI веке. СПб.: ФГБОУ ВО СПбГАУ, 2019. – С. 53-56.