

На правах рукописи

Старыгин Лев Алексеевич

**Эффективность использования органоминеральных
удобрений из отходов промышленного производства
при выращивании посадочного материала**

4.1.6 – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры,
агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург – 2025

Работа выполнена в
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Научный руководитель:	доктор сельскохозяйственных наук, профессор Сергей Вениаминович Залесов
Официальные оппоненты:	Ермакова Мария Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, ФГБУН Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория популяционной биологии древесных растений и динамики леса, ведущий научный сотрудник
Ведущая организация:	Коротков Александр Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», кафедра селекции и озеленения, доцент.

Защита состоится 27 февраля 2026 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 24.2.424.02 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37, ауд. 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (www.usfeu.ru).

Автореферат разослан «__» января 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. с.-х. наук, доцент

Магасумова
Альфия Гаптрауфовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Интенсификация лесного хозяйства неразрывно связана с увеличением доли искусственного лесовосстановления и лесоразведения, а, следовательно, с использованием качественного посадочного материала. Однако, в связи с выносом вместе с реализуемым посадочным материалом значительного количества необходимых для роста растений химических элементов, потенциальное плодородие почв лесных питомников снижается, что ставит под вопрос возможность выращивания стандартного посадочного материала в будущем. Компенсация выноса питательных веществ внесением минеральных и органических удобрений проблематична по причине их дефицита и высокой стоимости, что повышает себестоимость выращиваемого посадочного материала и снижает его конкурентоспособность.

В то же время, на территории Свердловской области и РФ в целом, имеются значительные объемы отходов переработки древесины, золы тепловых электростанции, осадков сточных вод и куриного помета, которые содержат в своем составе необходимые для растений питательные элементы. Разработка технологии получения из отходов органоминеральных удобрений и установление доз их внесения при выращивании посадочного материала является актуальной задачей, поскольку помимо повышения плодородия почв лесных питомников позволяет утилизировать отходы и улучшить экологическую обстановку.

Степень разработанности темы исследования. Проблемой использования различных видов удобрений в том числе нетрадиционных, при выращивании посадочного материала на лесных питомниках в разные годы занимались многие ученые, а именно В.М. Кан, И.А. Фрейберг, Е.М. Романов, Д.И. Мухортов, С.В. Залесов, М.В. Ермакова, Е.А. Фролова, В.В. Копытков и многие другие. Однако в научной литературе крайне мало работ, посвященных разработке технологии получения органоминеральных удобрений из отходов и установлению дозы их внесения при выращивании посадочного материала, что и обусловило проведение исследований. Диссертация является законченным научным исследованием.

Цель исследования. Разработать технологию получения органоминеральных удобрений из бесподстилочного куриного помета и установить эффективность их использования при выращивании посадочного материала в лесных питомниках.

В соответствии с заявленной целью решались следующие **задачи**:

- разработать технологию получения органоминерального удобрения (ОМУ) на основе куриного помета и отходов других производств;
- установить эффективность внесения различных доз ОМУ при выращивании сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus silvestrys L.*) и ели сибирской (*Picea obovata Ledeb.*);

- разработать предложения по использованию ОМУ при выращивании посадочного материала в лесных питомниках.

Научная новизна. Впервые получены ОМУ из производственных отходов, обогащенные микроэлементами. Предложен способ получения ОМУ с заданными свойствами и установлены дозы их внесения при выращивании сеянцев сосны обыкновенной и ели сибирской.

Установлено влияние различных доз ОМУ на морфологические показатели выращиваемого посадочного материала. Разработаны предложения по совершенствованию использования ОМУ в лесных питомниках.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в расширении современных знаний о влиянии различных доз органоминеральных удобрений на морфологические показатели и фитомассу сеянцев сосны обыкновенной и ели сибирской. В ходе исследований разработана технология получения ОМУ и создан образец опытно-производственной установки по их получению производительностью 0,16 т/сутки. Разработаны предложения по внесению ОМУ в лесных питомниках при выращивании посадочного материала основных хвойных пород.

Результаты исследований используются в учебном процессе при подготовке бакалавров и магистров направления 35.03.01 и 35.04.01 «Лесное дело» (имеется справка о внедрении).

Методология и методы исследования. В основу исследований положены апробированные методики и методы описательной статистики с вычислением параметров положения (среднее, мода, медиана, минимум, максимум и др.) и разброса (дисперсия, стандартное отклонение, коэффициент вариации и др.). Обработка данных производилась с применением программных продуктов Microsoft Excel, Statistica, MapInfo. Полученные в ходе работы данные подвергались статистической обработке с получением результатов на 95% уровне значимости.

Положения, выносимые на защиту:

- эффективный способ получения ОМУ из бесподстильчного куриного помета и других отходов производства;

- оптимальное соотношение компонентов при получении ОМУ;

- способ сохранения азота в составе ОМУ;

- эффективные дозы внесения ОМУ при выращивании сеянцев хвойных пород;

- предложения по использованию ОМУ при выращивании сосны обыкновенной и ели сибирской в лесных питомниках.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследований обеспечивается достаточным объемом экспериментального материала, полученного с использованием общеизвестных в лесоводственной науке апробированных методик, применением статистиче-

ских методов анализа, использованием прикладных компьютерных программ для обработки данных, а также опытно-производственной проверкой полученных результатов.

Основные результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на: XI Междунар. науч.-техн. конф. «Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса» (Екатеринбург, 2017); XIX Всерос. (нац.) науч.-техн. конф. студентов и аспирантов «Научное творчество молодежи – лесному комплексу России» (Екатеринбург, 2023); Всерос. науч. конф. с междунар. участием «Интенсификация использования и воспроизведения лесов Сибири и Дальнего Востока» (Хабаровск, 2024); XV Междунар. науч.-техн. конф. «Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий» (Екатеринбург, 2024); Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Рекультивация нарушенных земель: технологии, эффективность и биоразнообразие» (Новокузнецк, 2024); Междунар. науч.-практ. конф. «Устойчивость природных ландшафтов и их компонентов к внешнему воздействию» (Грозный, 2024); VII Всерос. конф. «Химия и химическая технология: достижения и перспективы» (Кемерово, 2025); XXXIII Междунар. науч.-практ. конф. «Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности» (Москва, 2025).

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие в постановке цели и задач исследований, выборе методики работ, сборе экспериментальных материалов, их обработке, анализе, а также написании статей, подготовке автореферата и диссертации.

Публикации. Основные положения диссертационной работы опубликованы в 17 печатных работах, в том числе 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ и три патента.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 192 странице машинописного текста, состоит из введения, 5 глав, заключения и предложений производству. Библиографический список включает 232 наименований в том числе 23 на иностранных языках. Текст проиллюстрирован 55 таблицами и 20 рисунками.

Благодарности: автор выражает глубокую благодарность и признательность д-ру техн. наук, проф. Борису Нутовичу Дрикеру за помощь в проведении исследований по разработке ОМУ и интерпретации результатов.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Проблема утилизации отходов промышленного производства

Развитие промышленности и сельского хозяйства обуславливает накопление отходов и изъятие земель под их складирование. При этом хра-

нение отходов, чаще всего, оказывает негативное воздействие на окружающую среду и условия проживания населения. В то же время часть отходов может быть использована в качестве сырья для получения востребованной продукции.

На Среднем Урале значительную долю составляют такие отходы как птичий помет, древесный опил и стружка, зола от сжигания каменного угля, осадок очистки сточных вод и др. Об объемах отходов можно судить на примере образования птичьего помета. В Российской Федерации имеется более 400 птицеводческих предприятий, которые производят от 50 тыс. до 1,5 млрд. яиц и от 20 до 400 тыс. тонн мяса (Лысенко, 2015; Семенченко и др. 2015; Поголовье..., 2016). При этом при выращивании бройлеров на 1 кг произведенного мяса приходится 3 кг помета (Антонова и др., 2016).

Вблизи тепловых электростанций, работающих на угле, накапливаются колоссальные объемы золы. Так только Рефтинская ГРЭС ежегодно образует 4,5 млн тонн золы (Софронов и др., 2023). Вблизи городов накапливается значительное количество твердых коммунальных отходов и осадков от очистки хозяйствственно-бытовых сточных вод. Только г. Екатеринбург при их очистке образует 900 тыс. тонн твердых бытовых отходов ежегодно. Аналогичная картина наблюдается и в отношении отходов лесопиления и деревообработки.

В то же время все перечисленные отходы содержат в своем составе химические элементы необходимые для роста и развития растений. Указанное свидетельствует о целесообразности их переработки в удобрения, которые востребованы как в сельском, так и в лесном хозяйстве. В частности, для повышения плодородия почв лесных питомников. Однако широкое внедрение ОМУ в лесохозяйственную практику сдерживается отсутствием научно обоснованных разработок по их производству и дозировок по внесению. Последнее обстоятельство обусловило направление исследований.

2. Природные условия района исследований

Исследования проводились на территории четырех питомников: в ГКУ СО «Сухоложское» и «Березовское» лесничества и питомнике декоративных растений ООО «Калина-Парк». Согласно схеме лесорастительного районирования (Колесников и др., 1974), Сухоложское лесничество относится к округу сосново-березовых предлесостепенных лесов Зауральской равнинной провинции, а Березовское лесничество и питомник декоративных растений ООО «Калина-Парк» к южнотаежному округу Зауральской холмисто предгорной провинции Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области. В соответствии с действующим нормативным документом (Об утверждении..., 2014) территории указанных лесничеств относятся к Средне-Уральскому таежному лесному району.

Климат Сухоложского лесничества характеризуется как континентальный, а Березовского - умеренно континентальный. Оба лесничества

обеспечены благоприятным сочетанием тепла и влаги, что позволяет выращивать высокопроизводительные насаждения. В то же время поздние весенние и ранние осенние заморозки сокращают продолжительность вегетационного периода и не редко повреждают цветы, побеги и плоды древесных растений.

Рельеф Сухоложского лесничества слабохолмистый с уклоном на восток, а Березовского холмисто-увалистая равнина с высотными отметками от 200 до 380 м. Специфика рельефа объясняет мозаичность почв, при этом каждая из них требует индивидуального подхода к ведению лесного хозяйства и выращиванию посадочного материала.

3. Программа, методики исследований и объем выполненных работ

В соответствии с целью и задачами исследований реализована следующая программа работ:

1. Выполнить анализ научной и ведомственной литературы по проблеме утилизации отходов промышленного производства в направлении получения нетрадиционных удобрений.
2. Проанализировать природные условия района исследований.
3. Разработать технологию производства ОМУ на основе куриного помета и других промышленных отходов
4. Разработать оборудование для получения ОМУ.
5. Изучить влияние различных доз ОМУ на биометрические показатели сеянцев сосны и ели.
6. Изучить влияние ОМУ на фитомассу сеянцев сосны и ели и на вход посадочного материала.
7. Выработать предложения по использованию ОМУ на лесных питомниках Среднего Урала.

Выполненная работа представляет собой многоплановое комплексное исследование, включающее технические, лабораторные, опытно-производственные этапы, направленные на создание ОМУ и изучение эффективности их использования при выращивании посадочного материала.

В процессе исследований разработана технология производства ОМУ на основе бесподстилочного куриного помета, золы Рефтинской ГРЭС, отходов лесопиления и деревообработки. При производстве удобрений использована усовершенствованная технология аэробной твердофазной ферментации. В процессе получения удобрений все вышеперечисленные компоненты смешивались до однородной массы и помещались в реактор. Аэрацию ферментируемой смеси проводили воздухом из расчета 1л/мин на 1 кг. Объем подаваемого воздуха контролировался ротаметром. Схема лабораторной установки приведена на рис.1.

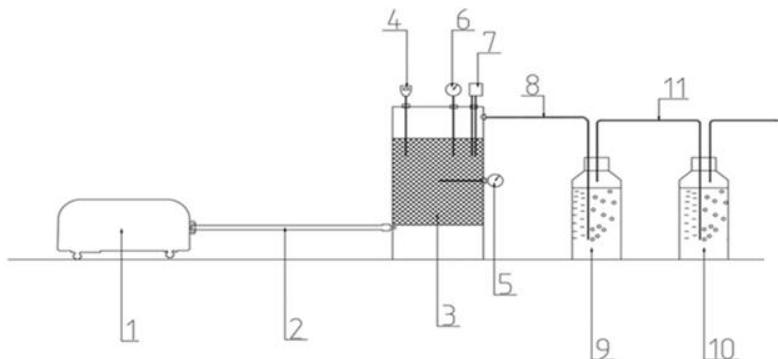


Рис. 1. Лабораторная установка ферментации куриного помета:

1 – воздушный компрессор с ротаметром; 2 – подводящий гибкий шланг; 3 – реактор; 4 – pH-метр; 5, 6 – термометры; 7 – влагомер; 8 – гибкий шланг для отвода конденсата и газов; 9, 10 – сосуды с поглотительным раствором; 11 – соединительные шланги.

Процесс ферментации считали завершенным при резком снижении выделения аммиака и понижении температуры массы до 30⁰С. Полученные органоминеральные удобрения испытывали в лабораторных условиях в соответствии с методическими рекомендациями, изложенными в ГОСТ Р ИСО 18763-2019. В качестве тест-объекта использовалось двудольное растение кress-салат (*Lipidium sativum* L.). В ходе исследований фиксировались размеры надземной и корневой систем растений в разных вариантах водной вытяжки, полученной из ОМУ. Водные вытяжки разбавляли в 9-81 раз. Определения проводили в трех параллельных измерениях. Подборами лучших вариантов устанавливались оптимальные дозы компонентов в исходном материале.

В лабораторных условиях устанавливали такие показатели произведенного ОМУ как pH, влажность, содержание общего азота, фосфора, калия на сухое вещество для последующего установления дозы внесения.

Эффективность внесения ОМУ устанавливалась после анализа плодородия почв лесных питомников. Образцы почвы анализировались в сертифицированной лаборатории ФГБУ ГЦАС «Свердловский» по следующим показателям: кислотность (pH), общий азот, общий калий и фосфор. Полевые опыты проводились в лесных питомниках ГКУ СО «Сухоложское» и «Березовское» лесничества, а также в питомнике декоративных растений ООО «Калина-Парк».

В эксперименте использовалась схема мелкоплощадных опытов (Щерба и др., 1967). В зависимости от длительности периода выращивания сеянцев сосны и ели действие удобрений испытывалось 2 полевых сезона.

В процессе эксперимента у выращиваемых сеянцев оценивались: высота, диаметр у шейки корня, длина хвои, а также фитомасса надземных и подземной частей растений.

Выход стандартного посадочного материала устанавливается в соответствии с требованиями действующего нормативного документа (Об утверждении..., 2021).

Установление биометрических показателей сеянцев производилось вручную при помощи измерительных инструментов: линейка металлическая ГОСТ 427-75, штангенциркуль ГОСТ 166-89. Высота надземной части определялась с точностью до 1,0 мм, а диаметр корневой шейки с точностью до 0,1 мм.

Для изучения массы сеянцев и (или) их частей в абсолютно сухом состоянии образцы высушивались в сушильном шкафу SNOL при температуре 105°C до прекращения изменения массы. Обработка полученных материалов производилась с использованием статистических методов с применением программных продуктов Microsoft Excel, Statistica.

В процессе выполнения диссертационной работы проанализированы научные и ведомственные материалы по проблеме получения нетрадиционных удобрений из отходов производства и природные условия района исследований. Сконструирован и пущен в эксплуатацию опытно-промышленный биореактор для получения ОМУ на основе бесподстилочного куриного помета, угольной золы и древесных отходов.

Проведено 16 испытаний по подбору оптимальных доз компонентов при получении ОМУ. Разработана технология получения ОМУ путем аэробной твердофазной ферментации, обеспечивающая сокращение срока получения удобрения в 3 раза.

На 4 лесных питомниках выполнен анализ почвенного плодородия и испытаны различные дозы внесения ОМУ №1 и ОМУ №2 при выращивании посадочного материала в 2024 и 2025 гг. Для установления эффективности ОМУ у 5760 сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и 1920 сеянцев ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) установлены высота, диаметр у шейки корня, длина хвои, а также фитомасса хвои, стволиков, надземной и подземной частей, а также общая фитомасса в абсолютно сухом состоянии.

4. Технология создания органоминерального удобрения

Поскольку использование свежего куриного помета в качестве удобрения не экологично, его необходимо перерабатывать. Основными способами переработки помета является компостирование. При этом смесь птичьего помета с торфом, опилками или другими органическими отходами формируется в штабеля высотой до 2,5 м, где в течение 6-8 месяцев происходит ее созревание и образуется компост, который можно использовать как удобрение. Однако данный способ растянут по времени и требует значительных площадей. Кроме того, в процессе компостирования выделяются неприятные запахи и существует опасность загрязнения окружающей среды.

При переработке помета используются также физическая сушка, однако при этом помет нагревается и выделяется сильный запах. Кроме того, высокая себестоимость сухого помета при вакуумной сушке сдерживает промышленное применение данного способа.

Наиболее перспективным направлением переработки является твердофазная аэробная ферментация, осуществляемая в установках барабанного типа. Главным недостатком данного способа является длительность периода ферментации, который продолжается около 450 ч.

Нами в процессе исследований установлено, что период ферментации можно сократить при сохранении качества конечного продукта за счет подбора состава компонентов приготовляемого удобрения. Так увеличение в составе ОМУ микроэлементов можно обеспечить внесением золы, получаемой при сжигании каменного угля.

Ускорение процесса достигается внесением в приготовляемую смесь ферментированного продукта, активизирующего рост температуры и ускорение микробиологических процессов уже спустя 18-24 ч после начала аэрации смеси (рис. 2).

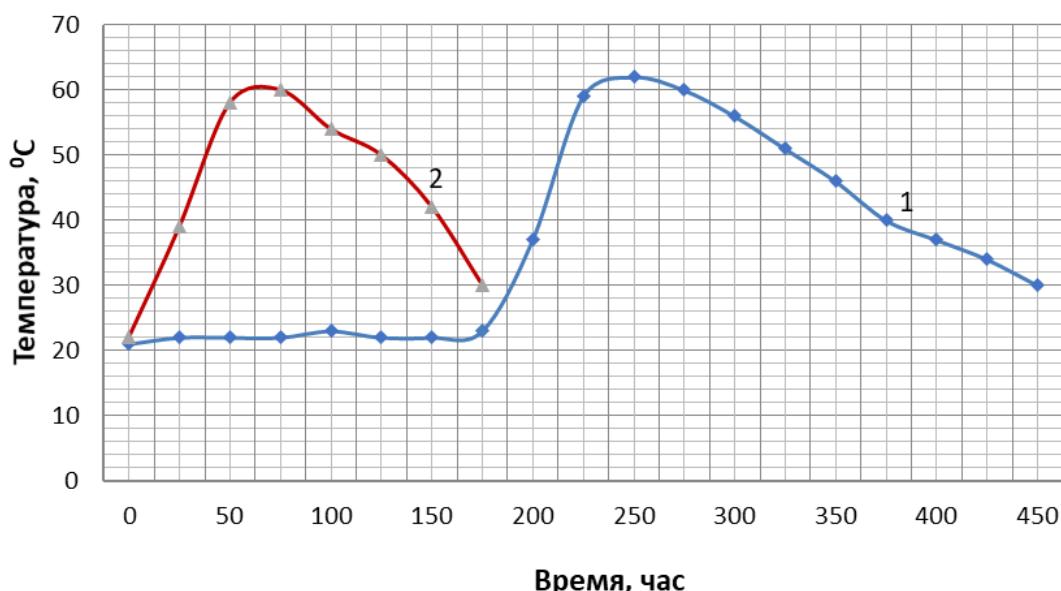


Рис. 2. Зависимость продолжительности ферментации от состава смеси: 1 – без ферментированного продукта; 2 – с ферментированным продуктом (10 % от массы помета)

Материалы рис. 2. наглядно свидетельствуют, что предлагаемая нами технология позволяет сократить срок ферментации, т.е. получения конечного продукта с 450 до 150 часов. При этом об окончании процесса ферментации свидетельствует снижение температуры смеси до 30°С.

Проделанные эксперименты по оценке фитотоксичности и стимулирующих свойств, полученных ОМУ с использованием кress-салата, показали, что качество удобрений при ускорении процесса ферментации не теряется, а лучший результат достигается при добавлении в приготовляемый материал золы.

Для производства ОМУ разработан, сконструирован и прошел проверку опытно-промышленный биореактор барабанного типа (рис. 3).



Рис. 3. Опытно-промышленный биореактор барабанного типа в сборе

Производительность опытно-промышленного биореактора 0,007 т/ч готового ОМУ. Выполненные исследования позволяют рассчитать производительность реактора, а также подобрать необходимое количество установок определенной производительности для условий конкретного производства.

5. Эффективность использования органоминеральных удобрений при выращивании сеянцев сосны и ели

Из обследованных четырех лесных питомников только декоративный питомник ООО «Калина-Парк» характеризуется относительно высоким потенциальным плодородием почв (табл. 1).

Таблица 1 – Агрохимические показатели качества почв в питомниках

рН	Органическое вещество, %	Массовая доля, мг/кг			Содержание, микроэлементов, мг/кг					
		общего азота, мг/кг	подвижных соединений фосфора, мг/кг	подвижных соединений калия, мг/кг	медь (Cu)	цинк (Zn)	марганец (Mn)	бор (B)	железо (Fe)	молибден (Mo)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Выращиваемая порода - сосна обыкновенная										
Постоянный лесной питомник ГКУ СО «Сухоложское лесничество»										
5,5	1,41	4,8	116,6	83,0	2,35	1,70	45,65	0,42	87,11	0,35
Постоянный лесной питомник № 2 (ПЛП №2) ГКУ СО «Березовское лесничество»										
4,6	4,62	17,8	178,7	83,0	10,42	2,49	80,38	0,65	222,92	0,21
Декоративный питомник ООО «Калина Парк»										
4,4	43,9	53,9	20,74	95,0	4,57	1,74	58,65	1,58	561,00	0,41

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Выращиваемая порода - ель сибирская										
Постоянный лесной питомник № 1 (ПЛП №1) ГКУ СО «Березовское лесничество»										
3,9	2,27	6,7	25,1	78,0	11,47	1,85	61,27	0,46	165,81	0,29

Оптимальными для выращивания посадочного материала являются следующие показатели почв (Наставления ..., 1991): мощность пахотного слоя 30-40 см, pH 5,0-5,5, содержание гумуса 2,5-3,0%, подвижного фосфора более 150-200, обменного калия более 170-220 и общего азота 80-100 мг/кг. Как следует из табл. 1 содержание в почвах лесных питомников макро- и микроэлементов значительно ниже оптимальных значений.

Для увеличения выхода стандартного посадочного материала использовались ОМУ №1 и №2. Оба удобрения созданы на основе ферментирования бесподстилочного куриного помета (80%), золы Рефтинской ГРЭС (10%) и отходов древесины (опилки, стружка). В ОМУ №1 доля последних 10%, а в ОМУ №2 – 5% и дополнительно 5% активированного древесного угля.

Внесение ОМУ оказывает существенное положительное влияние на высоту сеянцев сосны обыкновенной (табл. 2).

Таблица 2 – Средние высоты двухлетних сеянцев сосны обыкновенной при внесении различных доз органоминеральных удобрений в ПЛП ГКУ СО «Сухоложское лесничество»

Доза удобрения, т/га	Средняя высота стволика (Н _{СТВ}), мм	Ошибка среднего ($\pm h_{СТВ}$), мм	Стандартное отклонение (σ), мм	Коэффициент вариации (V), %	Точность опыта (P), %	Асимметрия (A)	Экспесс (E)								
								1	2						
ОМУ №1															
Однократно весной 2024 г.															
Контроль	81	2,8	15,3	18,9	3,4	0,31	1,81								
5	94	3,4	18,3	20,1	3,6	0,28	-0,99								
10	117	4,4	24,4	20,9	3,8	0,24	1,25								
15	116	6,4	20,3	17,5	5,5	1,37	1,56								
Двукратно весной 2024 и 2025 гг.															
5	103	4,6	25,3	24,6	4,5	1,93	5,00								
10	104	3,7	20,7	20,0	3,6	-0,12	-1,19								
15	105	3,7	20,5	19,6	3,7	-0,08	-0,13								
ОМУ №2															
Однократно весной 2024 г.															
Контроль	116	4,0	22,4	19,3	3,5	0,00	-0,39								
5	115	4,0	22,9	19,3	3,5	0,49	-0,29								
10	119	3,3	18,3	15,4	2,8	-0,16	-1,13								
15	149	6,1	33,6	22,6	4,1	-0,13	-1,05								

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
Двукратно весной 2024 и 2025 гг.							
5	108	4,8	26,4	24,5	4,5	0,27	-0,15
10	128	4,6	25,5	19,9	3,6	0,14	1,06
15	130	4,3	23,9	18,3	3,3	0,13	1,52

Материалы табл. 2 свидетельствуют о статистически достоверном различии средней высоты сеянцев при внесении ОМУ №1 всех концентраций и ОМУ №2 в концентрации 15 т/га на 95% уровне значимости.

Аналогичные результаты получены при внесении ОМУ при выращивании сеянцев ели (табл. 3)

Таблица 3 – Средняя высота сеянцев ели сибирской при внесении в двухлетние посевы органоминеральных удобрений в лесном питомнике №1 ГКУ СО «Березовское лесничество» (посев 2022 г.)

Доза удобрения, т/га	Средняя высота стволика (Нств), мм	Ошибка среднего ($\pm h_{ctv}$), мм	Стандартное отклонение (σ), мм	Коэффициент вариации (V), %	Точность опыта (P), %	Асимметрия (A)	Экспесс (E)
ОМУ №1							
Контроль	104	2,2	12,2	11,7	2,1	0,16	-0,10
5	113	2,8	15,7	13,9	2,6	0,79	0,38
10	120	3,4	18,8	15,7	2,8	0,75	0,68
15	138	3,8	20,8	15,1	2,7	0,42	-0,48
ОМУ №2							
Контроль	130	4,9	26,8	20,6	3,7	0,45	-0,70
5	130	3,7	20,3	15,7	2,8	0,32	-0,34
10	155	3,6	19,8	12,8	2,3	-0,23	-0,63
15	163	4,3	23,6	14,6	2,7	0,44	-0,19

Влияние внесения ОМУ на средний диаметр корневой шейки сеянцев сосны обыкновенной и ели сибирской проявляется менее существенно, но при дозе 10 и 15 т/га также статистически достоверно.

Еще меньшее влияние оказывает внесение ОМУ на длину хвои, а также фитомассу сеянцев, что показано в таблице 4.

Поскольку действующим нормативным документом (Об утверждении..., 2021) установлены требования к посадочному материалу по высоте и диаметру у шейки корня, нами установлен выход стандартного посадочного материала сосны (табл. 5) и ели (табл. 6).

Таблица 4 – Длина хвои и фитомасса сеянцев сосны обыкновенной в Сухоложском ПЛП ГКУ СО «Сухоложское лесничество» при использовании ОМУ №2 (посевы 2024 г.)

Показатель	Длина хвои, мм	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, г					тнадз/ тподз
		ко-рень	стволик	хвоя	надземная	общая	
Контроль							
Среднее значение, (Х)	24	0,03	0,021	0,064	0,085	0,115	2,8
Стандартная ошибка, ($\pm x$)	0,466	0,002	0,001	0,003	0,004	0,005	
Стандартное отклонение, (σ)	3,607	0,013	0,010	0,024	0,033	0,039	
Коэффициент вариации (V), %	14,76	43,33	47,62	37,50	38,82	33,91	
Точность среднего (Р), %	1,91	5,59	6,15	4,84	5,01	4,38	
ОМУ №2, 5 т/га							
Среднее значение, (Х)	25	0,028	0,02	0,063	0,083	0,111	2,9
Стандартная ошибка, ($\pm x$)	0,511	0,002	0,001	0,008	0,009	0,009	
Стандартное отклонение, (σ)	3,956	0,012	0,010	0,063	0,068	0,071	
Коэффициент вариации (V), %	15,65	42,86	50,00	100,00	81,93	63,96	
Точность среднего (Р), %	2,02	5,53	6,45	12,91	10,58	8,26	
ОМУ №2, 10 т/га							
Среднее значение, (Х)	28	0,03	0,027	0,075	0,102	0,132	3,4
Стандартная ошибка, ($\pm x$)	0,609	0,002	0,002	0,005	0,006	0,006	
Стандартное отклонение, (σ)	4,716	0,012	0,014	0,035	0,045	0,047	
Коэффициент вариации (V), %	17,09	40,00	51,85	46,67	44,12	35,61	
Точность среднего (Р), %	2,21	5,16	6,69	6,02	5,70	4,60	
ОМУ №2, 15 т/га							
Среднее значение, (Х)	28	0,03	0,026	0,071	0,097	0,127	3,2
Стандартная ошибка, ($\pm x$)	0,546	0,001	0,001	0,004	0,005	0,006	
Стандартное отклонение, (σ)	4,23	0,011	0,011	0,030	0,040	0,045	
Коэффициент вариации (V), %	15,24	36,67	42,31	42,25	41,24	35,43	
Точность среднего (Р), %	1,97	4,73	5,46	5,45	5,32	4,57	

Таблица 5 – Выход стандартного посадочного материала сосны обыкновенной в постоянном лесном питомнике №2 ГКУ СО «Березовское лесничество»

Эксперимент	Удобрение	Доза, удобрения, т/га	Соответствующие стандарту, %		Выход стандартных сеянцев, %
			по высоте	по диаметру	
1	2	3	4	5	6
Сосна обыкновенная. Посев 2024 г.	Контроль	-	20	40	20
	ОМУ №1	5	30	70	30

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6
Удобрения внесены однократно весной 2024 г. при посеве. Учет сеянцев осенью 2025 г.	ОМУ №1	10	50	40	50
	ОМУ №1	15	30	80	30
	Контроль	-	10	40	10
	ОМУ №2	5	60	100	60
	ОМУ №2	10	50	80	50
	ОМУ №2	15	50	100	50
Сосна обыкновенная. Посев 2024 г. Удобрения внесены двукратно весной 2024 и 2025 гг. Учет сеянцев осенью 2025 г.	Контроль	-	20	40	20
	ОМУ №1	5	50	90	50
	ОМУ №1	10	40	100	40
	ОМУ №1	15	50	80	50
	Контроль	-	10	40	10
	ОМУ №2	5	40	80	30
	ОМУ №2	10	80	80	80
	ОМУ №2	15	60	80	60

Таблица 6 – Выход стандартного посадочного материала ели сибирской в постоянном лесном питомнике №1 ГКУ СО «Сухоложское лесничество»

Эксперимент	Удобрение	Доза, удобрения, т/га	Соответствующие стандарту, %		Выход стандартных сеянцев, %
			по высоте	по диаметру	
Ель сибирская. Посев 2022 г. Внесение ОМУ весной 2024 г. Определение выхода стандартных сеянцев - осенью 2025 г.	Контроль	-	67	60	37
	ОМУ №1	5	77	67	57
	ОМУ №1	10	87	73	67
	ОМУ №1	15	100	80	80
	Контроль	-	87	87	83
	ОМУ №2	5	97	80	80
	ОМУ №2	10	100	97	97
	ОМУ №2	15	100	97	97

Заключение

Большинство лесных питомников характеризуется низким потенциальным плодородием почвы, что связано с выносом питательных элементов с выращиваемым посадочным материалом, сложностью компенсации выноса внесением органических и минеральных удобрений из-за их дефицита и высокой стоимости. Проблема может быть решена внесением нетрадиционных ОМУ, созданных на основе бесподстилочного куриного помета, отходов деревообработки, угольной золы тепловых электростанций, дисперсных отходов древесного угля.

В ходе исследования методом аэробной твердофазной ферментации на основе вышеуказанных отходов получены образцы органоминеральных удобрений (ОМУ №1 и ОМУ №2). При этом разработана промышленная

технология получения удобрения, позволяющая сократить срок его получения с 450 часов при действующих технологиях до 150 часов, то есть в три раза.

Разработан, сконструирован испытан опытно-промышленный биореактор барабанного типа производительностью 0,007 т/ч готового ОМУ. Полученные образцы удобрений прошли необходимые испытания в аккредитованных испытательных центрах, результаты испытаний позволяют считать его качественным и безопасным конечным продуктом с заданными потребительскими свойствами для использования в лесном хозяйстве.

Анализ эффективности внесения ОМУ показал, что при высоком потенциальном плодородии почв, какое имеет место в питомнике ООО «Калина Парк» использование ОМУ №2 в дозе 15 т/га позволяет вырастить стандартный посадочный материал сосны обыкновенной за один сезон в открытом грунте. Однако внесение органоминеральных удобрений в данном питомнике не целесообразно в связи с нарушением у сеянцев соотношения надземной и подземной фитомассы.

В остальных трех лесных питомниках при выращивании сеянцев сосны обыкновенной оптимальными являются дозы 10 и 15 т/га при их внесении весной через год после посева семян. Максимальный эффект по показателям средней высоты и среднего диаметра у корневой шейки сеянцев достигается внесением 15 т/га ОМУ №2. Внесение ОМУ удобрений вместе с посевом семян, а также внесение дважды при посеве и весной следующего года не оказывает существенного повышения биометрических параметров сеянцев по сравнению с однократным внесением ОМУ через год после посева.

Анализ влияния внесения ОМУ на длину хвои и структуру фитомассы сеянцев в абсолютно сухом состоянии показал, что длина хвои увеличивается, однако в большинстве случаев различия с контролем статистически недостоверны. Внесение ОМУ снижает долю подземных частей в фитомассе сеянцев. Однако данный вывод требует проверки поскольку при проведении исследований корневой системы подрезались на глубине 20 см.

При выращивании сеянцев ели сибирской наиболее эффективным является двукратное внесение ОМУ. При этом первое внесение в дозе 5-10 т/га производится при посеве семян, а второе в дозе 10-15 т/га весной следующего года. На низкоплодородных почвах целесообразно внесение ОМУ в дозах 5-10 т/га дополнительно весной третьего года.

Выход стандартных двухлетних сеянцев сосны обыкновенной при предлагаемой схеме внесения ОМУ увеличивается до 50-97% при 10-60% на контроле в зависимости от исходного плодородия почв.

Выход стандартных трехлетних сеянцев ели сибирской увеличивается при внесении органоминеральных удобрений до 83-97% при 37-83% на контроле.

Предложения производству

1) Повышение плодородия почв лесных питомников можно обеспечить внесением ОМУ, производимых на основе бесподстиличного куриного помета, отходов переработки древесины (стружка, опил), угольной золы тепловых электростанций и мелкодисперсного древесного угля.

2) Для производства ОМУ можно использовать опытно-промышленный биореактор барабанного типа производительностью 0,007 т/час готового удобрения.

3) Внесение ОМУ рекомендуется на почвах с низким потенциальным плодородием. При показателях плодородия почв близких к оптимальным ОМУ для внесения не рекомендуется.

4) При выращивании сеянцев сосны обыкновенной на почвах с низким потенциальным плодородием оптимальным является внесение ОМУ №2 в дозах 10 или 15 т/га.

5) Удобрения целесообразно вносить междуурядья посевных строк весной через год после посева.

6) При выращивании сеянцев ели сибирской ОМУ целесообразно вносить двукратно весной при посеве в дозе 5-10 т/га и через год в дозе 10-15 т/га.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования

1) Фомин, В.В. Научные исследования и разработки Уральского государственного лесотехнического университета в области климатических проектов / В.В. Фомин, С.В. Залесов, Е.М. Агапитов, В.Е. Рогачев, А.П. Михайлович, Е.А. Костоусова, Е.С. Переходова, Н.В. Марина, А.В. Лантикова, Л.А. Стыгин, Б.Н. Дрикер, М.П. Суханов, Л.Е. Рогачев, Н.М. Демьяненко, Е.П. Платонов // Леса России и хозяйство в них. – 2023. – № 4(87). – С. 4-17.

2) Стыгин, Л.А. Получение органоминерального удобрения для лесного хозяйства / Л.А. Стыгин, Б.Н. Дрикер, Ю.А. Горбатенко, Т.М. Панова, Н.В. Марина // Леса России и хозяйство в них. – 2024. – № 1(88). – С. 181-192.

3) Стыгин, Л.А. Проблема повышения плодородия почв лесных питомников и пути ее решения /Л.А. Стыгин // Леса России и хозяйство в них. – 2025. – № 3(94). – С. 4-11.

4) Стыгин, Л.А. Получение органоминерального удобрения из отходов птицепрома / Л.А. Стыгин, Б.Н. Дрикер, С.В. Залесов, Ю.А. Горбатенко // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2025. – № 1(167). – С. 46-53.

5) Лутай, С.С. Влияние фиторегулятора из побегов ивы остролистной

(*Salix acutifolia* Willd.) на всхожесть семян деревьев лиственных пород / С.С. лутай, Л.А. Старыгин, С.В. Залесов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2025. – № 7 (157). – URL: <https://research-journal.org/media/articles/19292.pdf> (дата обращения 02.12.2025).

6) Лутай, С.С. Перспективность инкрустации семян органоминеральными композитами / С.С. Лутай, Л.А. Старыгин, М.Ж. Дауленова, И.С. Кочегаров, С.В. Залесов // Леса России и хозяйство в них. – 2025. – № 3 (94). – С. 4-11.

7) Котова, В.С. Сохранность лесных культур на рекультивируемом гранитном карьере / В.С. Котова, А.Е. Осипенко, Р.А. Осипенко, Л.А. Старыгин, С.В. Залесов // Хвойные бореальной зоны. – 2025. – XLIII, № 4. – С. 43-51.

Патенты:

8) Патент на изобретение № 2816192 Российской Федерации, МПК C05F 3/00 (2006.01), C05F 17/00 (2006.01) «Способ переработки птичьего помета с получением удобрения». Заявка № 2023102280: заявл. 02.02.2023: опубл. 26.03.2024 / Б.Н. Дрикер, Л.А. Старыгин, Н.В. Марина, Т.М. Панова, В.В. Фомин, Е.П. Платонов, И.Г. Первова, Р.С. Неуймин, Н.А. Усов; заявитель, патентообладатель ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». – 12 с.

9) Патент на изобретение № 2831228 Российской Федерации, МПК C05F 3/00 (2006.01), C05F 11/02 (2006.01), C05G 3/00 (2006.01) «Способ переработки птичьего помета с получением органоминерального удобрения». Заявка № 2023128713: заявл. 07.11.2023: опубл. 02.12.2024 / Б.Н. Дрикер, Л.А. Старыгин, Т.М. Панова, Н.В. Марина, Е.П. Платонов, В.В. Фомин, С.В. Залесов, А.В. Тихонов; заявитель, патентообладатель ФГБОУ ВО "Уральский государственный лесотехнический университет". – 11 с.

10) Патент на изобретение № 2806592 Российской Федерации, МПК C05F 3/00 (2006.01) «Способ получения органоминерального удобрения». Заявка № 2023102173: заявл. 01.02.2023: опубл. 01.11.2023 / Б.Н. Дрикер, Л.А. Старыгин, Н.В. Марина, Т.М. Панова, В.В. Фомин, Е.П. Платонов, И.Г. Первова, Р.С. Неуймин, Н.А. Усов; заявитель, патентообладатель ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». – 11 с.

Публикации в других изданиях:

11) Липунов, И.Н. Рециклинг промышленных отходов на основе приоритета межотраслевой кооперации / И.Н. Липунов, Л.А. Старыгин, И.Г. Первова, Д.И. Дубровенко // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: материалы XI Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2017. – С. 293-297.

12) Получение органоминерального удобрения из отходов птицефабрик / Н.А. Усов, Л.А. Старыгин, Б.Н. Дрикер, Т.М. Панова // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России: Материалы XIX Всеросс.

(нац.) науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2023. – С. 883-887.

13) Тихонов, А.В. Анализ современных направлений по переработке и использованию птичьего помета / А.В. Тихонов, Л.А. Стыригин, И.Г. Первова // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: материалы XV Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2024. – С. 601-606.

14) Павленко, Д.И. Перспективы компенсационного лесоразведения на нарушенных землях / Д.И. Павленко, Л.А. Стыригин, Р.А. Осипенко, С.В. Залесов // Интенсификация использования и воспроизводства лесов Сибири и Дальнего Востока: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. – Хабаровск: Изд-во ФБУ «ДальНИИЛХ», 2024. – С. 228-231.

15) Залесов, С.В. Повышение эффективности лесохозяйственного направления рекультивации нарушенных земель / С.В. Залесов, А.И. Петров, Е.П. Розинкина, Л.А. Стыригин, Д.И. Павленко // Устойчивость природных ландшафтов и их компонентов к внешнему воздействию: Сборник материалов Междунар. науч.-практ. конф. – Грозный: Изд-во ФБГОУ ВО «Чеченский государственный университет» им. А.А. Кадырова, 2024. – С. 207-209.

16) Стыригин, Л.А. Переработка отходов птицефабрик Среднего Урала / Л.А. Стыригин, Б.Н. Дрикер, С.В. Залесов, Ю.А. Горбатенко, А.В. Тихонов // Химия и химическая технология: достижения и перспективы: Материалы VII Всеросс. конф. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2025. – С. 621.1-621.6.

17) Камалов, М.Р. Реактор для твердофазной аэробной ферментации / М.Р. Камалов, Л.А. Стыригин, И.Г. Первова, Б.Н. Дрикер // Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности: Сборник материалов XXXIII Междунар. науч.-практ. конф. – М.: АНО ДПО «Центр развития образования и науки», 2025. – С. 227-232.

Отзыв на автореферат просим направить по адресу: 620100 г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37 Уральский государственный лесотехнический университет (ученому секретарю диссертационного совета 24.2.424.02 Магасумовой А.Г.)
E-mail: dissoviet.usfeu@mail.ru

Подписано в печать 26.12.25. Объем 1.0 авт.л. Заказ № _____. Тираж 100.

620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».

Сектор оперативной полиграфии РИО