

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СЕВЕРНОГО ЗАУРАЛЬЯ»

На правах рукописи

Гильманова Марина Валерьевна

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГРУНТОВ И ГУМИНОВЫХ
УДОБРЕНИЙ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

03.02.08 – экология (биология)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Тюмень – 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Осадок сточных вод и гуминовые удобрения в биологической рекультивации нарушенных земель (обзор литературы)	9
1.1 Состав и свойства осадков сточных вод	9
1.2 Технологии утилизации осадков сточных вод очистных сооружений	15
1.3 Влияние гуминовых препаратов на растения, почву и содержание в них тяжелых металлов	25
1.4 Биологическая рекультивация нарушенных земель	31
2 Объекты, условия и методика проведения исследований	38
2.1 Объекты исследований	38
2.2 Условия и методика проведения исследований	43
3 Применение осадка сточных вод в качестве органического удобрения	51
3.1 Влияние осадка сточных вод на растения	53
3.2 Влияние осадка сточных вод на содержание тяжелых металлов в почве и растениях	57
3.3 Влияние осадка сточных вод на агрохимические свойства почвы	66
4 Определение оптимального соотношения осадка сточных вод с компонентами в грунтах	71
4.1 Влияние грунтов разного состава на растения	73
4.2 Влияние разного состава грунтов на содержание тяжелых металлов в почве и растениях	80
4.3 Влияние компонентов на агрохимические свойства грунтов	88
5 Разработка грунтов на основе сапропеля	91
5.1 Определение оптимальных соотношений компонентов	94
5.2 Качественный состав грунта на основе сапропеля	104
5.3 Содержание в грунтах токсичных веществ	107
6 Выбор регулятора роста и развития растений для биологической рекультивации	111
7 Рекультивация почвы несанкционированной свалки бытовых отходов	119
7.1 Влияние свалки бытовых отходов, грунта и гуминового препарата на растения тест-культуры	119
7.2 Влияние внесенного грунта на содержание тяжелых металлов и свойства почвы свалки бытовых отходов	126
Заключение	131
Рекомендации	133
Список использованной литературы	134
Приложения	151

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

ОСВ – осадок сточных вод

ТМ – тяжелые металлы

ОРК – органорастиельный компост

ПДК – предельно допустимая концентрация

ОДК – ориентировочно допустимая концентрация

МДУ – максимально допустимый уровень

ВВЕДЕНИЕ

При уничтожении почвенного покрова образуются техногенные ландшафты, на которых замедлены процессы самовосстановления растительного покрова и почв (Андроханов В.А., Курачев В.М., 2010). К настоящему времени собран большой экспериментальный материал о негативном влиянии техногенных ландшафтов на окружающую среду (Бурыкин А.М., 1985). Снизить или ликвидировать негативные экологические последствия техногенных ландшафтов можно посредством той или иной технологии рекультивации: создание лесных насаждений (Игловиков А.В., 2013), насыпка плодородных грунтов (Ивлев А.М., 1998), закрепление поверхности травянистым покровом (Игловиков А.В., 2013), применение природных сорбентов (Крамарев С.М., Яковишина Т.Ф., Иванов И.И., 2004), химическая мелиорация (Голомолзин Р.С., Хвостов Н.В., Куличков С.Н., 2009), снятие плодородного слоя с последующим его использованием для рекультивации (Ивлев А.М., 2002), внесение цеолитов, насыщенных элементами питания растений из маточных растворов (Андроханов В.А., Курачев В.М., 2010).

Основной целью рекультивации является создание устойчивого растительного покрова. Для этого надо сформировать корнеобитаемый горизонт, уменьшающий негативное влияние на растения нарушенных земель. Внесение питательного грунта значительно улучшает свойства этих почв. Происходит «разбавление» загрязненной почвы грунтом, снижается концентрация токсичных соединений и уменьшается их вредное действие на растительность (Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В., 2003). Наряду с этим необходимо оптимизировать жизнедеятельность растений. С точки зрения безопасности для человека и окружающей среды значение имеют гуминовые препараты (Логинов Ю.П., Казак А.А., 2015). Они обладают стимулирующим и адаптогенным действием, а также снижают поступление в растения тяжелых металлов и

радионуклидов (Макаров О.А., Степанов А.А., Черкашина Н.Ф., 2016; Мамаев В.В., Сычева И.В., Сычев М.С., 2015).

К числу доступных и эффективных способов рекультивации нарушенных земель относится технология с применением осадка сточных вод (ОСВ) (Андроханов В.А., Курачев В.М., 2010), которая решает две задачи – почвоулучшение для задернения рекультивируемой поверхности и экологически рациональную утилизацию ОСВ.

На очистных сооружениях г. Тюмени объем ОСВ постоянно возрастает, что привело к увеличению нагрузки на иловые карты. В настоящее время стоит проблема его утилизации. Осадки можно использовать в качестве грунтов для биологической рекультивации земель, загрязненных нефтепродуктами и другими веществами, территорий промышленных площадок, а также для восстановления плодородного слоя земли в питомниках лесных и декоративных культур, при благоустройстве придорожного полотна, т.к. в них содержатся органические вещества, макро- и микроэлементы, необходимые для развития растений. ОСВ должен соответствовать ГОСТу Р 53381-2009. При использовании ОСВ основной проблемой является наличие в них тяжелых металлов, что может отрицательно воздействовать на растения (Мамаев В.В., 2015). ОСВ можно использовать в составе грунтов при разбавлении, например, торфом и песком. Необходимо установить оптимальные соотношения компонентов в грунтах при смешивании и возможность применения регуляторов роста и развития растений при биологической рекультивации.

Цель исследований: экологическая оценка разработанных грунтов и подбор гуминовых удобрений для биологической рекультивации нарушенных земель.

Задачи исследований:

- установить возможность использования осадка сточных вод в качестве органического удобрения и в составе грунтов для биологической рекультивации нарушенных земель;

- выявить оптимальные соотношения компонентов при создании грунтов на основе осадка сточных вод и сапропеля;
- определить влияние осадка сточных вод на агрохимические свойства почвы и содержание тяжелых металлов в почве и растениях;
- провести оценку влияния гуминовых удобрений на рост и развитие тест-культуры;
- установить возможность применения разработанных грунтов и гуминового удобрения для биологической рекультивации загрязненной тяжелыми металлами почвы.

Научная новизна диссертационного исследования. Впервые разработаны составы питательных грунтов на основе осадка сточных вод очистных сооружений г. Тюмени и сапропеля, установлена возможность их применения для решения проблемы восстановления плодородия почвы нарушенных земель. Изучено влияние соотношения компонентов грунтов, регуляторов роста и развития растений на посевные качества семян, биометрические показатели растений, содержание тяжелых металлов и свойства почвы при биологической рекультивации.

Методология и методы исследования. Для планирования и проведения исследований источником информации служили монографии, научные статьи, периодические издания, электронные версии научных журналов, методики постановки опыта и другие материалы. В качестве эмпирических методов исследования использовались наблюдение, эксперимент, измерения. Теоретико-методологическую основу исследований составили методы планирования и проведения опытов. Работа выполнена с использованием современного оборудования, экологических, морфологических, биологических методов. В ходе исследования применены стандартные методы познания и статистического анализа, табличные и графические формы визуализации данных.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты дополняют современные научные подходы к

ликвидации негативного экологического влияния техногенных ландшафтов, рассчитаны коэффициенты биологического поглощения и накопления растениями тяжелых металлов на загрязненной ими почве.

Практическая значимость работы. Разработанные составы питательных грунтов можно применять для рекультивации загрязненных тяжелыми металлами нарушенных земель. Они позволяют решить проблему с возрастающим на очистных сооружениях объемом осадка сточных вод. Результаты исследования используются в преподавании дисциплин «Экология почв», «Инновационные технологии рекультивации нарушенных земель» в ФГБОУ ВО «ГАУ Северного Зауралья».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. При рекультивации нарушенных земель допустимо внесение осадка сточных вод в дозе не более 5,0 т/га.
2. Грунты на основе осадка сточных вод и сапропеля с обработкой семян гуминовым препаратом уменьшали негативное действие загрязненной почвы тяжелыми металлами на высеваемую культуру при биологической рекультивации.

Степень достоверности результатов исследований. Достоверность результатов обусловлена значительным объемом исследуемого материала, подтверждается применением общепризнанных методов анализа, статистической обработкой полученного материала, широкой апробацией и публикацией основных положений диссертации.

Апробация результатов диссертационного исследования. Результаты исследований были представлены на международных научно-практических конференциях: «From Molecular Analysis of Humic Substances – to Nature-like Technologies» (Москва, 2017); «Аграрная наука и образование Тюменской области: связь времен» (Тюмень, 2019); «Проблемы и перспективы земледелия» (Тюмень, 2020); «Актуальные вопросы сельского хозяйства» (Тюмень, 2020); на Всероссийской науч.-практ. конф. «Устойчивое развитие территорий: теория и практика» (Сибай, 2016).

Соискатель – победитель конкурса «УМНИК-2020» Фонда содействия инновациям (Тюмень, 2020).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, в т.ч. 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 1 – в изданиях, индексируемых Scopus.

Структура и объем диссертационного исследования. Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов и списка литературы. Текст изложен на 150 страницах машинописного текста; содержит 79 таблиц и 19 рисунков. Список литературы содержит 169 источников, в том числе 7 на иностранных языках.

Личный вклад автора. Диссертационная работа является результатом самостоятельных исследований автора. Соискателем проведены вегетационные эксперименты; произведен отбор почвенных и растительных образцов, проведены анализы; выполнен значительный объем аналитических работ, обработан и проанализирован экспериментальный материал. Формулировка научных положений, выводов диссертации, подготовка публикаций, апробация результатов исследования и написание текста диссертации проведены автором лично.

Благодарности. Автор выражает глубочайшую признательность доктору биологических наук, профессору Греховой Ираиде Владимировне за многолетнее содействие при проведении исследований и внимание к работе, научные консультации. Автор благодарен кафедре общей химии им. Комиссарова И.Д. Глубокая благодарность моим друзьям и родным за эмоциональную и психологическую поддержку.

1 ОСАДОК СТОЧНЫХ ВОД И ГУМИНОВЫЕ УДОБРЕНИЯ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Состав и свойства осадков сточных вод

Осадок сточных вод (ОСВ) – это твердая фракция сточных вод, состоящая из органических и минеральных веществ, выделенных в процессе очистки сточных вод методом отстаивания (сырой осадок) и добавления комплекса микроорганизмов. Осадок сточных вод является одним из эффективных доступных и дешевых органоминеральных удобрений (Ивлев А.М., Дербенцева А.М., 2002).

На канализационных очистных сооружениях ежегодное количество образуемых осадков составляет 70-80 млн. м³ при влажности 96-97 % или 2,5-3 млн. т сухого вещества (Александровская З.И., Кузьменкова А.М., Гуляев Н.Ф., Крхамбаров Я.Н., 1977). По ряду причин утилизируется не более 20%. Огромное количество осадков скапливается и затрудняет работу очистных сооружений, приводит к увеличению иловых карт и нагрузки на них (Арчегова И.Б., 1998).

По своему составу осадки сточных вод представляют собой комплексное удобрение с постоянно обновляемой сырьевой базой. В сухой массе они содержат до 50% и более органического вещества, 1-2% и более общего азота, до 3-4% фосфора, 0,3-0,6% калия, микроэлементы, имеют нейтральную или близко к нейтральной реакцию среды. Ежегодный выход питательных веществ в виде ОСВ в Российской Федерации составляет 448 тыс. т азота, 64 тыс. т фосфора и 12 тыс. т калия, всего 524 тыс. т в год, что достаточно для ежегодного удобрения более 1 млн. га пахотных земель (Данилов-Данильян В.И., 1997).

Осадки сточных вод индивидуальны по своему химическому составу. На настоящий момент они – новые и пока малоизученные удобрения, что нередко создает весьма подозрительное к ним отношение. Известные

преимущества ОСВ могут проявляться в недостаточной степени в связи с потенциальной опасностью его для здоровья человека и животных (Адерихин П.Г., Усков Б.В., Дудкин Ю.И., Брехов М.Т., 1978).

В сточных водах возможен спонтанный процесс образования новых, неизвестных соединений, механизм формирования которых существующими методами установить чрезвычайно трудно.

По своему происхождению и химическому составу ОСВ с различных очистных станций значительно различаются (Мерзлая Г.Е., Воробьева Р.П., 2006). Однако они все содержат большое количество протеинов, жиров и минеральных веществ и могут найти применение в качестве удобрения.

Но из-за высокой влажности (достигающей 98% в свежем иле и 90-85 % в ОСВ с иловых площадок), пластичности и возможного наличия яиц гельминтов и патогенной микрофлоры кишечной группы использование свежего ила для удобрения полей не практикуется.

Наличие в ОСВ патогенной микрофлоры обуславливает необходимость их обеззараживания. По заключению московской аналитической лаборатории ЗАО НПФ «БИФАР» осадки сточных вод очистных сооружений канализации г. Тюмени, механически обезвоженные и выдержанные в естественных условиях в течение 2-х лет не оказывают угнетающего действия на рост и развитие растений и классифицируются как малоопасные отходы (4-ый класс опасности). Патогенные микроорганизмы, яйца гельминтов, жизнеспособные личинки и куколки мух не обнаружены. Численность бактерий группы кишечной палочки увеличена по сравнению с санитарными нормами (Куркова Г.Н., Сирыпник Л.Н., 2004).

В настоящее время существуют достаточно эффективные методы для обеззараживания вод (хлорирование, озонирование, ультразвуковая и ультрафиолетовая обработка), однако использование их для обработки ОСВ требует разработки новых технологий и оборудования (Черникова, В.А. Агроэкология. – М: КолосС, 2000. – 67 с.)

Обработка осадков известью способствует потере азота в виде катионов аммония и анионов (нитрат ионов) и снижению доступности для растений фосфора. Установлено, что от 64% до 84% общего фосфора осадков находится в подвижной форме. Фосфор присутствует в осадках, главным образом, в твердой фазе (Варламова Л.Д., 2007). Калий и натрий находятся в растворенном состоянии, их значительная часть выводится в результате фильтрации и центрифугирования ОСВ. Условия и длительность хранения осадков также могут оказывать определенное влияние на концентрацию в них различных элементов. Процентное содержание элементов питания в осадке и другие качественные показатели зависят в значительной мере от его влажности, а также происхождения, соотношения бытовых и промышленных стоков и сезона года.

Количество осадков, лежащих на иловых картах, оценивают от 107 до 130 млн. тонн соответственно.

Снижение энергоемкости промышленных производств обеспечивается, как один из видов деятельности, глубокой утилизацией отходов, в том числе городских канализационных и промышленных стоков. Например, в городе Тюмени, количество осадков превышает во влажном виде до 5 млн. т/год.

Проблема переработки и утилизации этих осадков является наиболее серьезной из-за возрастающих объемов образующихся бактериально-зараженных и склонных к загниванию влажных осадков

Кафедра промышленной экологии Тюменского государственного нефтегазового университета (Мазур И.И., 1993) предложила новые плазмохимические методы термообработки, взамен используемых в Тюмени реагентов, и утилизации образующихся на очистных сооружениях осадков и шламов. Совершенствование технологии обработки предложено развивать по трем направлениям: использование более эффективных биоценозов при биоминерализации органических осадков, минимизации объема сброса и захоронения получаемых осадков и шламов, применение осадков и отходов в качестве сырья для термоплазмохимических реакторов, выполняющих

функции генератора электроэнергии и поставщика горючих газов.

Вышеуказанные процессы позволяют в 3-5 раз повысить производительность существующих канализационных очистных сооружений после их реконструкции, исключая потребление для коагуляции осадков дорогостоящих химических реагентов.

В настоящее время развёрнута работа по инвентаризации всех объектов очистки сточных вод, начиная с эффективности работы самих очистных сооружений и заканчивая положением на иловых картах.

Такое серьёзное значение придаётся проблеме не напрасно. В 99% случаев иловые карты расположены рядом с очистными сооружениями, имеющими сброс в реку, то есть, проще говоря, расположены на берегах рек. В последние 15-20 лет на большинстве очистных сооружений очистка карт не осуществлялась, и в настоящее время они переполнены (Кузнецов В.Л., 2005). В результате этого: а) некуда сбрасывать вновь образующиеся осадки; б) при паводке очень вероятно разрушение обваловки и поступление содержимого карт в реки.

Выход из сложившейся экологической ситуации связан с экологизацией хозяйственной деятельности, внедрением малоотходных или безотходных технологий. Главным условием внедрения подобных технологий на данном этапе развития общества является не столько осознание необходимости реализации экологических мероприятий, сколько их адаптированность к условиям рынка, коммерческая эффективность.

Основными факторами, сдерживающими применение ОСВ, являются: загрязнение их опасными химическими веществами, тяжелыми металлами (ТМ) и вредными микроорганизмами (патогенной микрофлорой, гельминтами), а также отсутствие специальной техники для внесения ОСВ в почву (Ковда В.А., 1985).

В ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения», химические вещества разделены на три класса опасности. Первый класс – «вещества

высокоопасные», к ним относят As, Cd, Hg, Pb, Zn. Ко второму классу опасности – «вещества умеренно опасные» – относят Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr. К третьему – «вещества малоопасные» – Ba, V, W, Mn, Sr.

По антропогенному воздействию на почву (нарушению ее экологических функций) предложено выделение трех классов опасности: 1 – Cr, W, Cd, Hg; 2 – As, Sb, Co, Cu, Ni, Pb; 3 – Mo, Zn, V, Ba, Mn.

Естественная детоксикация почв от ТМ происходит чрезвычайно медленно и только за счет выщелачивания, миграции в растения, эрозии и дефляции. Для почвенных ТМ предложен термин «период полуудаления», составляющий: для Zn – от 70 до 510 лет, для Cd – от 13 до 110 лет, для Cu – от 310 до 1500, для Pb – от 740 до 5900 лет. Этот термин не является общепринятым, а приведенные выше величины требуют подтверждения. Здесь же он упоминается в том смысле, что детоксикация от ТМ представляется долговременной и весьма сложной задачей. В тоже время результаты многолетних эколого-геохимических исследований говорят о постепенном накоплении ТМ в почве и растениях (Котти В.К., 1989).

При использовании ОСВ в качестве удобрений ТМ в их составе, попадая в почву, усугубляют ее загрязнение и усложняют выполнение требований соответствующих санитарных правил и норм. (ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия.)

Не все ОСВ удовлетворяют требованиям стандарта по содержанию ТМ. Имеют превышение по содержанию кадмия (Казань, Новосибирск), никеля (Нижний Новгород), хрома (Казань, Новосибирск, Нижний Новгород), цинка (Новосибирск, Нижний Новгород). Перечисленные ОСВ, согласно стандарту, не допускаются для использования в качестве удобрения без соответствующего разбавления инертными наполнителями. Например, торфом, древесными опилками, сапропелем и др. Кроме того, действующими санитарно-эпидемиологическими требованиями к качеству почвы СанПиН 2.1.7.1287-03 запрещается применение ОСВ и компостов из них, если

внесение этих удобрений превысит уровень загрязнения почв до значений 0,7-0,8 ПДК. Это требование нужно учитывать при обязательной оценке фонового содержания ТМ на каждой конкретной местности (Седых В.Н., 1997).

Создание способа детоксикации ТМ – проходит через опробование в начале безреагентных механических и физико-химических методов (Игловиков А.В., 2013):

- срезание наиболее загрязненного поверхностного слоя и размещение его на свалке (секвестирование);
- перемещение поверхностного слоя с менее загрязненными слоями;
- воздействие на загрязненный слой постоянным электротоком через электроды (электрокинетическая ремедиация).

Механические методы не нашли широкого применения, поскольку ТМ оставались в неизменном виде, что приводило только к увеличению загрязненных объемов. Метод с применением электротоков трудоемок и имеет слишком низкую производительность.

Перспективным представляется способ извлечения ТМ методом биологической детоксикации. Суть метода состоит в посеве и выращивании в течение определенного времени на специальных участках специально подобранных видов сельскохозяйственных или диких растений для извлечения из почвы ТМ корневой системой и накопление их в наземной биомассе с последующим сбором и утилизацией последней. Из диких видов растений для фитоэкстракции ТМ рекомендуют якутку синеватую, бурачок степной, разуху Галлера, из сельскохозяйственных сортов – горчицу сизую или сарпетскую. Применение данного метода имеет ряд ограничений. Содержание ТМ в почве не должно превышать пределов, при которых у всходов появляются выраженные фитотоксичные симптомы: обесцвечивание, пигментация и некроз листьев, задержка роста и т. п. Кроме того, растения должны отличаться высокой скоростью роста и обладать разрастающейся корневой системой. Они не должны быть привлекательными

для домашних и диких животных, чтобы исключить случайное их отравление (Солнцева Н.П., 1988). Главный недостаток фитоэкстракции состоит в длительности процесса очистки. Для достижения допустимых концентраций ТМ требуется период продолжительностью 5-10 лет. При этом остается проблема утилизации растений с большим содержанием ТМ (Моторина Л.В., 1972).

Разработаны и другие методы «нейтрализации» ТМ, но они не решают полностью проблему детоксикации и обеззараживания ОСВ, в связи с чем рекомендуются авторами только для ограниченного внедрения, а именно, для получения почвоулучшающей добавки на основе ОСВ.

Таким образом, имеющиеся научные материалы отечественных и зарубежных исследователей свидетельствуют о том, насколько сложна проблема загрязнения ОСВ опасными химическими веществами, тяжелыми металлами (ТМ) и вредными микроорганизмами (патогенной микрофлорой, гельминтами). В мире идет интенсивный поиск путей создания способа детоксикации ТМ.

1.2 Технологии утилизации осадков сточных вод очистных сооружений

Многосторонняя хозяйственная деятельность человеческого общества, вооруженного сложной техникой, ныне охватывает практически всю атмосферу, сушу, и океан и вносит значительные количественные и качественные изменения в биологические циклы движения элементов в биосфере, поставив под угрозу ее бесперебойное функционирование и существование самого человека. Например, такие компоненты как мусор, отходы, отбросы в мировом масштабе накапливаются, как отмечал В.А. Ковда (1985), в объеме свыше 20×10^9 т в год. С ростом численности населения планеты, развитием научно-технического прогресса, интенсифицирующего любой труд, степень воздействия человеческого общества на биосферу в принципе будет возрастать. Хозяйственная

деятельность человечества сопровождается накоплением различного рода отходов производства, городского коммунального хозяйства, которые загрязняют природную среду. С особой актуальностью встает задача технологии утилизации возрастающего количества отходов промышленности и городского коммунального хозяйства.

Отходы городского коммунального хозяйства, в том числе и осадки сточных вод в крупных городах и населенных пунктах порождают массу проблем в связи с их утилизацией.

Существует ряд способов утилизации ОСВ: сбрасывание в реки и озёра, сжигание, захоронение в почвенной среде, обезвреживание и использование в качестве органических удобрений, как добавка при приготовлении различных компостов и т.д. (Бобович Б.Б., 1999).

В Японии, например, уже в 1981 г. в эксплуатации находилось около 500 установок конечной переработки и за год перерабатывалось около $65 \times 10^8 \text{ м}^2$ сточных вод, при этом количество полученного ила составило около $24 \times 10^5 \text{ м}^3$. Они состоят на 80% из обезвоженного брикета, на 11% из пепла сжигания (пепла, получаемого в результате сжигания после обезвоживания) и других отходов (сухой или дигерированный ил) в количестве 9%. Указанные отходы (42%) захоранивают в землю, сбрасывают в море (36%), в объеме 15% эффективно используют. Из эффективно используемых отходов 93% приходится на улучшение лугопастбищных и сельскохозяйственных земель. Главный упор делается на применение канализационного ила в качестве удобрений (Тетиор А., 2008).

Имеются способы утилизации осадков сточных вод посредством их размещения в воздухе. В данной среде можно разместить лишь воду, которая содержится в ОСВ, а также органические вещества, превращенные в углекислый газ и азотистые соединения. Остальная часть, а именно зола, если речь идет о сжигании, в большинстве случаев остается в почве. Следовательно, почва остается средой наиболее широко используемой для размещения ОСВ в форме накопления в определенных местах больших

объемов ила или же использования их в качестве органического удобрения, модификатора почв.

Компостирование бытового мусора и осадка сточных вод за рубежом рассматривается как важный элемент стратегии повторного использования отходов. При этом решаются две задачи: во-первых, избавляются от отходов, создающих угрозу загрязнения окружающей среды, во-вторых, расширяют производство органических удобрений, потребность в которых очень велика. Наиболее широко указанный способ переработки отходов применяется в густонаселенных развитых странах, где остро стоят проблемы охраны окружающей среды, и ощущается дефицит природных ресурсов. В Нидерландах перерабатывается на компост 30-40% бытовых отходов, в Австрии и Бельгии около 25%, во Франции 8% (Arguile, R.T., 1971).

Исследования показали, что добавление осадка при компостировании отходов создает условия для разложения целлюлозосоставляющих компонентов отходов, в частности позволяет компостировать мусор, содержащий большое количество бумаги. На некоторых компостирующих заводах США благодаря добавлению осадка сточных вод удается перерабатывать на компост отходы, содержащие до 90% бумаги (Голицын А.Н., 2007). В Федеральной Республике Германии для этой цели используют полужидкий осадок влажностью 92-96% (доля его в составе компостируемой массы составляет 10-20%) и частично обезвоженный осадок влажностью 50-75% (доля его в массе 14-34%) (Bruning E., 1962).

Не потерял своего значения и традиционный способ полевого компостирования отходов в штабелях под открытым небом. Он прост в техническом отношении, не требует больших затрат, обеспечивает высокий обеззараживающий эффект. С помощью такого способа из бытового мусора и осадка сточных вод получают компост, обладающий высокой агрономической ценностью. В США на 180 из 200 компостирующих предприятий отходы перерабатывают указанным способом (Knabe W., 1964).

Крупнейший в Европе мусороперерабатывающий завод,

компостирующий бытовые отходы и осадок сточных вод, построен в г. Фленсбург (ФРГ). Завод перерабатывает весь мусор и отстой сточных вод города, который раньше сбрасывали в Балтийское море. Производительность его 400 т компоста в день. По составу питательных веществ изготавливаемый компост близок к навозу, а по количеству извести превосходит последний.

При компостировании отходов в штабелях добавляют бактерии в расчете 700 тыс. живых клеток на 1 г компостируемой массы, из них 10-20% приходится на актиномицеты и стрептомицеты (Ягодин Б.А., 1982).

В настоящее время уровень ежегодного накопления ОСВ в России превышает 3 млн. т. по сухому веществу, что позволяет получать из них до 2,5 млн. тонн качественного компоста. При этом в Российской Федерации ежегодные потери органического вещества при возделывании сельскохозяйственных культур составляют 0,5-1,0 т/га (Бурыкин А.М., 1976). Готовый компост представляет собой сыпучий продукт с высоким содержанием питательных веществ в усвояемой для растений форме. Термическая сушка способствует уменьшению в них органического вещества. Этому также способствует обработка осадков такими реагентами, как известь, хлористое железо. Предварительная термическая обработка, проводимая перед механическим обезвоживанием, вызывает, кроме того, значительную потерю азота, которая может достигнуть 40-50%.

П.Г. Новожилов (1965) отмечал, что использование всех возможных дополнительных источников органических веществ является настоящим требованием времени.

Уровень использования отходов городов и осадка сточных вод в сельском хозяйстве стран СНГ пока невысок. В почву вносится не более 4-6% осадка сточных вод с очистных сооружений крупных городов. Большая часть отходов вывозится на свалки, создающие опасные очаги загрязнения окружающей среды. При этом безвозвратно теряются содержащиеся в отходах полезные компоненты (Большаков В.Н., Качак В.В., Коберниченко В.Г., 2005).

Получение из органических осадков удобрения "Бамил", технология которого совершенствуется под руководством профессора И.А. Адерикина, позволяет повысить урожайность сельскохозяйственных культур, а пиролизсодержимого нефтеамбаров, в совокупности с работами по использованию аборигенной микрофлоры, проводимыми при биорекультивации – восстановить нарушенные территории.

В Западной Сибири и на Крайнем Севере с 1970 года внедряются аппараты с высокотемпературной обработкой органических отходов. Первый из них был внедрен в поселке Приполярный ЯМАО. В настоящее время на нефтегазовых месторождениях развивается практика использования плазмохимических реакторов профессора В.Д. Шантарина, которая связана с более высоким уровнем автоматизации, контроля очистки получаемых горючих газов.

Снизить на треть – с 25 до 19% – долю загрязненных сточных вод планировалось в Тюменской области с 2010 года. Под более жесткий контроль взялась утилизация бесхозных ядохимикатов, размещение свалок, состояние прибрежных защитных полос. Завершено строительство полигонов твердых бытовых отходов в Бердюжье, Упорово, Ялutorовске, Вагае, Викулово, Сладково, Тобольске. Изучаются проекты по строительству мусоросортировальных заводов. По мнению экологов, на свалках ничего сжигаться не должно. Кроме того, на реке Тура на границе со Свердловской областью заработает первая в России береговая станция контроля поверхностных вод. Здесь будет применен уникальный анализатор по определению в воде вредных веществ, которые сбрасывает в Туру промышленный Урал.

Одним из способов утилизации ОСВ является его использование в качестве органоминерального удобрения, при этом одновременно решается ряд задач: исключается необходимость хранения (захоронения), повышается плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур, не загрязняется окружающая природная среда.

Внесение осадков сточных вод в почву или производство на их основе различных компостов один из основных путей решения проблемы их утилизации. Почва при этом обогащается питательными макро- и микроэлементами (азотом, фосфором, кальцием, магнием, молибденом, цинком, медью, марганцем, кобальтом и др.), а также и органическим веществом. За счет внесения ОСВ только в Центральном административном округе РФ можно экономить на минеральных удобрениях до 300 млн. руб. ежегодно (Берлякова О.Г., Ермак Н.Б., Линдина Л.И., 2010).

Органическое вещество, удобрительные макро- и микроэлементы, позволяют рассмотреть ОСВ в качестве существенного источника питательных веществ в общем балансе удобрительных ресурсов, как по регионам, так и в стране (Акимова Г.А., Кузьмин А.П., Хаскин В.В., 2001).

Основными нормативными актами, регламентирующими применение осадков сточных вод в Российской Федерации, служат ГОСТ Р 17.4.3.07-2001, ГОСТ Р 54534-2011 и ГОСТ Р 54651-2011. Основная масса ОСВ, независимо от технологии производства и промышленной специфики городов, соответствуют действующему ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 и вследствие этого их можно использовать в виде органического удобрения или как компонент при производстве компостов и органоминеральных удобрений. Однако как удобрение со сложным агрогеохимическим составом, зависящим к тому же от соотношения бытовых и промышленных стоков, ОСВ требуют особой степени изученности с использованием агрономических, агрохимических, биогеохимических, агротехнологических и других методов исследования. В приложении 2 приведены агрохимические характеристики ОСВ по некоторым городам России и требования, предъявляемые ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 при использовании ОСВ в качестве удобрений (Жученко А.А., 2006).

При испытании ОСВ Софринских очистных сооружений (Московская область) на почвах лесных питомников Подмосковья установлено их высокое мелиорирующее действие, выражающееся в снижении плотности почвы на

0,1-0,2 т/м³, увеличения ее общей пористости, полной влагоемкости, содержание водопрочных агрегатов (на 15-50%) (Бакинова А.Г., Зеленский И.О, 2015). Положительное влияние осадков прослеживалось не менее 3 лет. В условиях лесостепи Среднего Поволжья ОСВ повышали водоудерживающую способность и водопроницаемость почвы, способствовали накоплению продуктивной влаги, особенно при повышенных дозах, улучшали микроагрегатный состав почвы.

Влияние ОСВ на процесс гумусообразования более выражено, чем навоза. Внесение 20 т/га ОСВ оказывает такое же действие, как 40 т/га навоза. Кроме того, содержание гумуса, как правило, повышалось вместе с увеличением доз ОСВ (Касатиков В.А., Беляева С.Д., Шабардина Н.П., 2006).

В своей работе авторы (Аргунов Н.Д., Ватцев О.Б., Веселов О.М., 2013) убедительно доказывают целесообразность использования ОСВ на выщелоченном черноземе, которые с успехом могут заменить традиционные виды органических удобрений: навоз КРС и птичий помет. При эквивалентном внесении каждого вида удобрения прибавки урожайности зерновых культур, выращенных с применением ОСВ выше, чем при использовании навоза, за счет более плотного усвоения злаками питательных веществ, содержащихся в ОСВ (Воробьев А.Е., 2006).

По данным ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова урожайность сухой массы многолетних трав в микрополевых опытах при 25, 50, 75 и 100% ОСВ в составе грунта составила соответственно 43; 51,6; 53,4; 63,5 ц/га. Исследования выявили еще одно важное свойство ОСВ, а именно эффект последействия, который состоит в сохранении высокой урожайности не только в год внесения осадка, но и в последующие годы.

Илы некоторых очистных сооружений обладают выраженной фитотоксичностью, которая может быть обусловлена загрязнением этих осадков, в частности, органическими соединениями, обладающими гербицидными свойствами. Однако, основным фактором, сдерживающим применение ОСВ, является наличие в них солей тяжелых металлов, влияние

которых на почву, растения и безвредность продуктов достаточно хорошо изучено (Алексеев Ю.В., 2008). Для правильного использования осадков городских сточных вод в качестве удобрений необходимо в каждом конкретном регионе организовать всестороннее изучение их химического состава, определить влияние ОСВ на плодородие почв, урожай и качество сельскохозяйственных культур. В настоящее время в России имеется мало данных по рассматриваемым вопросам.

Выявлено, что 10 млн. тонн осадков сточных вод по содержанию сухого вещества, основных элементов питания и удобрительной ценности равноценны примерно 50 млн. тонн навоза. Из литературных данных следует, что в большинстве случаев по удобрительной ценности ОСВ не уступают традиционным органическим удобрениям (Шевцов Н.М., 1988).

Активный ил со станций очистки сточных вод общественной канализации представляет собой важнейший источник органических, питательных и биологически активных веществ (Захаров И.Г., 2007). Непосредственное удобрение илом со станций очистки сточных вод является выгодным способом использования этих отходов, если они используются соответствующим образом при определенных природных и производственных условиях. Благодаря экономической выгоде указанный способ использования ила признается и применяется во всем мире.

Общий эффект воздействия ОСВ на почву заключается в том, что они повышают ее способность сохранять влагу, увеличивают содержание органического вещества и способствуют агрегации почвы. Осадки повышают устойчивость почв к эрозии (Чибрик Г.С., 2002).

Первые опыты (1931-1937 гг.) по изучению удобрительной ценности канализационного ила (ОСВ) были проведены П.С. Севостьяновым (1937), который пришел к заключению, что осадки сточных вод могут приравняться к навозу и минеральным удобрениям. Многие авторы (Сергиенко И.В., Семенов Б.С., Мосиенко Н.А. и др., 1993) считают, что удобряющий эффект осадков сточных вод определяется, главным образом,

наличием в них азота.

По данным Э. Рюмбензам и Э. Рау (1969), в ОСВ содержание общего азота и фосфора в 1,5-2 раза выше, чем в навозе КРС, а именно эти элементы определяют ценность любого вида удобрений. Колебания в содержании основных элементов питания в ОСВ составляют: по азоту 0,8-6%, фосфору 0,6-5,6%, калию 0,1-0,5%. Примерно такие же данные приводят ученые США и Канады: азот 1,1-7,6%, фосфор 1,3-8,0, калий 0,1-0,3%. Несомненным достоинством ОСВ является высокое содержание органического вещества до 75% (Пигарева Т.А., Абакумов Е.В., 2015).

И.С. Туровский (1982) провел исследования на 3-х типах почв, с количеством внесенного осадка от 23 до 470 т/га. Отмечено изменение величин емкости поглощения, содержания органического углерода, общего азота и тяжелых металлов по профилю почв. Наиболее высоким оказалось увеличение азота в горизонте А, тогда как в горизонтах В и С – незначительное. Содержание органического углерода в целом имело ту же тенденцию к увеличению, но сильно сказывалась суммарная доза удобрений и распределение ее по годам (Пронько В.В., Корсаков К.В., 2011). Емкость обмена катионов повышалась по всем горизонтам, отмечено снижение значений рН в горизонте А и В. Содержание тяжелых металлов, особенно Cd, Cr, Cu, Pb, Zn возрастало заметно, особенно в горизонте А, и сильно зависело от содержания их в осадке и норм внесения осадка.

ОСВ обладают высоким удобряющим эффектом при выращивании сельскохозяйственных культур, но при их применении должны учитываться климатические условия региона, типы почв, виды осадка и конкретно вид выращиваемой культуры (Вострова Р.Н., Лисицин В.Л., 2010).

При возделывании сельскохозяйственных культур наряду с основными элементами питания происходит и вынос микроэлементов с урожаем. Одним из источников пополнения почв необходимыми микроэлементами могут быть осадки городских сточных вод. По литературным данным В.Б. Ильина (1991), содержание микроэлементов в ОСВ колеблется в достаточно широких

пределах: медь – 50-4000, цинк – 70-40000, марганец – 60- 4000, кобальт – 2-300 мг на 1 кг сухого вещества. Внесение 1-4 т сухого вещества ОСВ с содержанием указанных элементов на уровне ПДК может на 8-10 лет обеспечить бездефицитный баланс микроэлементов в севообороте. Это очень важно, поскольку почвы с низкой обеспеченностью микроэлементами составляют в различных районах страны от 10 до 40% пашни.

В качестве удобрений можно использовать не все виды осадков, что обусловлено их различной природой. Сырой осадок из первичных отстойников, если он не был подвергнут термической сушке или компостированию, представляет собой потенциальную опасность, поскольку, как правило, содержит патогенную микрофлору и яйца гельминтов. Кроме того, необработанный, сырой осадок не рекомендуется использовать в сельском хозяйстве, так как его физическая структура вредно отражается как на структуре почвы, так и на росте растений.

Сброженный осадок может использоваться как в жидком состоянии, так и в виде кека (обезвоженный осадок до 60-85% влажности). Однако, в результате сбраживания ценность осадка как удобрения снижается, так как содержание азота уменьшается на 50% и теряются органические вещества. Активный ил, обезвоженный и высушенный при высоких температурах, представляет собой ценное удобрение, которое безопасно может быть использовано. Но термическая сушка – дорогостоящий процесс (Герасимова М.Н., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В., 2003).

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что правильное применение ОСВ позволит повысить плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур, обеспечит охрану окружающей среды. Осадки сточных вод индивидуальны по своему химическому составу, это заставляет иметь достаточное высокое содержание различных биогенных элементов, вместе с тем они содержат тяжелые металлы и патогенную микрофлору. Следовательно, нужно проводить исследования по их использованию в качестве удобрений. На настоящий момент они новые и

пока малоизученные удобрения, что нередко создает весьма подозрительное к ним отношение.

Имеющиеся литературные данные по вопросам использования ОСВ в качестве удобрений нельзя автоматически переносить на наши почвенно-климатические условия, а по отдельным разделам, например, влияние осадков сточных вод на состав почвенных растворов и т.д., материалов практически не имеется. С учетом вышеизложенного, целью наших исследований было изучить возможности использования осадка сточных вод Тюменских очистных сооружений в качестве удобрений для повышения плодородия почв и биологической рекультивации.

1.3 Влияние гуминовых препаратов на растения, почву и содержание в них тяжелых металлов

Анализ информационных материалов показывает, что при реагентном способе детоксикации ОСВ наилучший результат следует ожидать, применяя в качестве реагента гуминовые вещества (ГВ). Положительное действие гуминовых веществ на свойства почв и жизнедеятельность растений было отмечено еще в конце XIX века. Гуминовые вещества являются естественными компонентами почвы. Это темно-коричневые или темно-бурые природные соединения органического происхождения, сформировавшиеся в биосфере (почвах, торфах, углях, сланцах, морских и озерных отложениях и др.) (Попов А.И., 2004). В их составе обнаружены гуминовые кислоты, фульвокислоты, гумины и др. Они обладают стимулирующим и адаптогенным действием на клеточном уровне. Реальная значимость гуминовых веществ в почвах очень велика, даже при их сравнительно невысоком содержании (Орлов Д.С., 1993).

ГВ отнесены к соединениям переменного состава, химическая структура которых зависит от их происхождения. Отличительная особенность ГВ – насыщенность молекул функциональными заместителями: карбоксильных, карбонильных, гидроксильных, а также метокси-, амино-, и

амидных групп и др. По схеме ионного обмена ГВ вступают с ТМ в реакции комплексообразования с образованием органоминеральных лигандов, прочно удерживающих тяжелые металлы в своем составе (Кузнецов В.Л., Кратильская И.М., Юдина Л.Ф., 2005).

Естественно, подобная нейтрализация не гарантирует надежной изоляции ТМ, т.к. при изменении (снижении) рН почвы, например, после выпадения кислотного дождя, возможно разложение ГВ с высвобождением ТМ. В этом случае обработка почвы простым поливом слабощелочным раствором (рН 7,5-8,5) или известкованием позволяет полностью восстановить характеристики нейтральной почвы (Макаров О.А., Степанов А.А., Черкашина Н.Ф., 2016).

Грубое необдуманное вмешательство человечества в природу является основной причиной загрязнения биосферы (Жученко А.А., 2006). Все большее значение приобретает получение экологически чистых продуктов питания. Это невозможно без экологизации сельского хозяйства. Что означает применение таких способов и методов повышения качества и урожайности сельскохозяйственных культур, которые отвечают принципам рационального экологически безопасного природопользования. Экологизация растениеводства должна быть направлена, в первую очередь, на сохранение гумусового слоя почвы, как основы плодородия и производство экологически чистой продукции. Одним из путей решения проблемы получения качественной экологически чистой продукции является использование средств, которые эффективны и одновременно безопасны для агроценозов, человека, животного мира и окружающей среды в целом. К таким агротехническим приемам относится применение физических методов воздействия и использование препаратов природного происхождения, обладающих способностью стимулировать процессы роста и развития растений. Применение стимуляторов роста растений гуминовой природы является одним из направлений повышения урожайности зерновых культур

(Шамардина Ю.А., 2006; Кравец А.В., Касимова Л.В., Бобровская Д.Л., 2011; Пронько В.В., Корсаков К.В., 2011).

Регуляторы роста гуминовой природы стимулируют прорастание семян, рост и развитие проростков. Предпосевная обработка семян регуляторами роста позволяет реализовать потенциальные возможности растений на начальных этапах развития, способствует повышению их продуктивности и экологической устойчивости. Эти вещества в малых дозах активно влияют на направленность обмена веществ в растениях, вызывают в большей или меньшей степени изменение физико-химических свойств клеток и тканей, процессов дыхания и фотосинтеза (Кирсанова Е.В., Борзенкова Г.А., Тиняков Л.А. и др., 2012).

Значительные фундаментальные исследования ГВ проведены под руководством профессора Л.А. Христовой (Днепропетровский СХИ, Украина). Ее работы посвящены изучению природы действия и практическому применению физиологически активных ГВ. Согласно, исследованиям Л.А. Христовой (1977), гумусовые кислоты могут выступать в качестве питательных веществ для растений, или же играть роль физиологически активных веществ. В своих работах Л.А. Христева показывает, что растворимые соли гуминовых кислот с одновалентными металлами усваиваются растениями и вызывают определенный физиологический эффект, усиливают рост, прежде всего корневой системы, а затем и надземной массы. Влияние гуминовых кислот, по ее мнению, наиболее сильно сказывается в начальный период развития растений. Л.А. Христева указывала, что физиологическая активность гуминовых кислот непосредственно связана с определенным строением их молекулы, и, прежде всего, наличием в них хиноидных и полифенольных групп.

Семя является сложной живой системой. С него начинается и им же заканчивается жизненный цикл развития растительного организма. Поэтому качество семян играет большую роль для жизнедеятельности развившихся из них растений, является важным фактором получения высоких и стабильных

урожаев сельскохозяйственных культур (Моторин А.С., 1999). Влияние на урожайность и качество зерна оказывают многие факторы как природного, так и антропогенного характера. Повысить посевные качества семян зерновых культур можно применяя современные технологии сельскохозяйственного производства, используя при этом высокоэффективные и экологически чистые препараты для предпосевной обработки семян. В связи с этим приобретает большое значение изучение и применение физиологически-активных препаратов и удобрений с содержанием гуминовых кислот (Кирсанова Е.В., 2012).

Гуматы существенно влияют на водно-физические и физико-химические свойства почвы, увеличивают урожайность зерновых, кормовых и овощных культур и повышают сопротивляемость растений к болезням, заморозкам и засухе. Благодаря обработке препаратами гуминовой природы в семенах укрепляется иммунная система, ослабляется отрицательное значение травматических повреждений семян растений, повышается энергия прорастания, лабораторная и полевая всхожесть семян, стимулируется рост и развитие проростков, заметно снижается поражение семян грибными болезнями, вызванными внутренней семенной инфекцией. После обработки семян гуминовыми удобрениями у растений лучше развивается корневая система: сильнее ветвится и глубже проникает в почву (Мешков И.И., 2009).

Универсальным регулятором роста является гуминовый препарат Росток, предназначенный для предпосевной обработки семян, некорневой и корневой подкормки в период вегетации. Положительное влияние предпосевной обработки семян и некорневой обработки в фазу кущения препаратом Росток на рост и развитие растений доказано многочисленными лабораторными, полевыми и производственными опытами (Грехова И.В., Комиссаров И.Д., 2007; Грехова И.В., Матвеева Н.В., 2014; Грехова И.В., 2015).

В работе И.В. Греховой и И.Д. Комиссарова (2007) установлено, что гуминовый препарат Росток повышает у растений активность природных

регуляторов роста – ауксинов (при концентрации 0,001% длина coleoptили превышала контроль на 44%) и гиббереллинов (прирост hypocotили салата составил 125% по сравнению с контролем). В той же работе провели проверку влияния регулятора на корневую систему огурца и выявили, что при концентрации препарата 0,001%, длина главного корня по отношению к контролю увеличилась на 13%, количество и длина придаточных корней – на 150% и 100% соответственно. Также препарат увеличил доступность важнейших элементов питания: азот превысил контроль в 2 раза, калий – в 1,6 раза, фосфор – в 1,8 раза. Содержание клейковины в пшенице повысилось на 12,23%.

В.М. Зубковой с соавторами (2007) в работе по влиянию гумата калия на продуктивность и химический состав ячменя выявлено увеличение энергии прорастания семян при применении гуминовых препаратов. Рядом исследований (Кирсанова Е.В., Тиняков Л.А., Злотников А.К., 2010; Мерзляков Л.И., Козлов И.И., 2012; Вербицкая Н.В., Кондратенко Н.В., Соболева О.М., 2014; Ковылина О.П., Ковылин Н.В., Кеня Е.С., Познахирко П.Ш., 2014; Грехова И.В., Матвеева Н.В., 2014; Важов В.М., Одинцев А.В., Козил В.Н., 2014) также выявлено положительное действие препаратов гуминовой природы на посевные качества семян.

И.Т. Шаяхметовым, В.И. Кузнецовым, Ш.Я. Гилятдиновым (2000), А.В. Кравец, Л.В. Касимовой, Д.Л. Бобровской (2011) и др. определено, что препараты гуминовой природы стимулируют прорастание семян с пониженной всхожестью, ускоряют рост и развитие растений, повышают устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды и сопротивляемость болезням.

Наличие в гуминовых веществах разнообразных функциональных групп обуславливает участие этих соединений в окислительно-восстановительных реакциях, способность образовывать хелатные соединения (Вербицкая Н.В., Кондратенко Е.П., Соболева О.М., 2014).

Ряд исследователей (Кононова М.М., 1951; Христева Л.А, 1957; Прат С., 1963; Александрова И.В., 1972; Горовая А.И., Орлов Д.С., Щербенко О.В., 1995; Попов А.И., Шишова О.В., 2001) установили, что у растений под действием гуминовых веществ чаще всего активируется корнеобразование.

Многолетние исследования по влиянию гуминовых веществ торфа на рост и урожайность ряда сельскохозяйственных культур (Чуков С.Н., 2001; Наумова Г.В., Жмакова Н.А., Овчинникова Т.Ф. и др., 2007) показали, что гуминовые вещества активизируют обменные процессы в растениях, стимулируют рост тканей, способствуют повышению иммунитета и устойчивости к стрессовым условиям.

С.С. Драгунов (1980) определил, что природные гуминовые кислоты оказывают на высшие растения гормональное воздействие, улучшают проникновение минеральных питательных элементов, гуминоминеральных соединений через корни, активно участвуют в окислительно-восстановительных процессах растительной клетки; проводят предварительное ферментативное расщепление с образованием стимулирующих соединений.

В настоящее время выявлены перспективы использования гуминовых препаратов для улучшения свойств почвы, роста и развития растений, а также детоксикации загрязненных природных сред. Гуминовые вещества в биосфере выполняют многообразные функции, поэтому гуминовые препараты находят широкое применение не только в сельском хозяйстве, но и в решении задач по рекультивации и детоксикации территорий (Садовникова Л.К., Якименко О.С., Богаченко Ю.Н. и др., 2004). Д.Н. Стом вместе с соавторами (2006) показал способность гуминовых препаратов к снижению негативного влияния тяжелых металлов и ароматических углеводов. В качестве загрязнителей в работе использовались соли ртути, свинца, нитробензол, толуол и ксилол. Авторами было показано, что гуминовые препараты снижают токсичность растворов тяжелых металлов и ароматических углеводов.

Возможность применения гуминовых препаратов для детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами, была показана С.М. Крамаревым с соавторами (2004) в опытах с черноземом обыкновенным, который был загрязнен тяжелыми металлами. Почти все гуминовые кислоты с катионами тяжелых металлов дали устойчивые осадки различной окраски. Связывание токсикантов привело к снижению их биодоступности для растений. Таким образом, гуминовые кислоты, выделенные из низинного торфа щелочными растворами, возможно использовать для детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами.

1.4 Биологическая рекультивация нарушенных земель

Актуальность приобретает восстановление деградируемых территорий и приведение их в состояние безопасное для человека и окружающей среды, называемое рекультивацией. Посредством той или иной её технологии можно снизить или ликвидировать негативные экологические последствия техногенных ландшафтов (Ивлев А.М., 1998, 2002).

Биологический этап рекультивации – этап рекультивации земель, включающий мероприятия по восстановлению их плодородия, осуществляемые после технической рекультивации. К нему относится комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению плодородия нарушенных земель (Моторин А.С., 1999).

Основной целью биологической рекультивации является создание устойчивого растительного покрова. Для этого надо сформировать корнеобитаемый горизонт, уменьшающий негативное влияние на растения нарушенных земель. Внесение питательного грунта значительно улучшает свойства этих почв. Происходит «разбавление» загрязненной почвы грунтом, снижается концентрация токсичных соединений и уменьшается их вредное действие на растительность (Герасимова М.И., 2003). Наряду с этим необходимо оптимизировать жизнедеятельность растений. С точки зрения безопасности для человека и окружающей среды значение имеют гуминовые

препараты – регуляторы роста растений биологического происхождения (Логинов Ю.П., 2015). Они обладают стимулирующим и адаптогенным действием, а также снижают поступление в растения тяжелых металлов и радионуклидов (Макаров О.А., 2016; Мамаев В.В., 2015).

Основными задачами биологической рекультивации являются возобновление процесса почвообразования, повышение и воспроизводство биоценозов. Биологическим этапом рекультивации заканчивается формирование культурного ландшафта на нарушенных землях (Моторин А.С., 2013).

Для успешного проведения рекультивации земель, основное значение имеет правильный выбор вида и методов освоения местности в конкретных условиях при данном составе насыпных грунтов и исследование физико-механических свойств почвогрунтов (Брылов С.А., 2000).

Технология биологического этапа рекультивации зависит от местных природных условий. Рекультивационный слой – искусственный слой с оптимальными для произрастания растений свойствами. Таким образом, на месте разрушенных ландшафтов возникают новые культурные ландшафты, максимально приспособленные к изменившимся условиям и выполняющие многочисленные функции – производственные, санитарно-гигиенические, эстетические и рекреационные (Говорушко С.М., 1999).

Чтобы предотвратить смыв почвы, улучшить условия освоения, украсить внешний вид формируемого ландшафта и уменьшить просачивание воды в тело свалки или полигона, их поверхность озеленяют. Фиторекультивация – заключается в очищении почвы с помощью растений, способных к накоплению тяжелых металлов в вегетативных органах (Захаров Н.Г., 2007). Известен способ фиторекультивации, путем выращивания ячменя. Ячмень аккумулирует за вегетационный период с 1 гектара около 112 г селена, находящегося в почве в связанном виде, часть которого корням растений недоступна и биоконцентрирование требует много времени

(Куркова Т.Н., Скрыпник Л.Н. 2004). В последствии, выращенные растения утилизируются и количество токсикантов в почве снижается.

При решении вопроса о выращивании растений на загрязненных и постепенно загрязняющихся полютантами территориях необходимо руководствоваться следующим: при рекультивации и озеленении необходимо подбирать наиболее толерантные к конкретному загрязнению виды декоративных растений, способные достаточно хорошо произрастать в экстремальных условиях атмосферного и почвенного загрязнений и выполнять при этом фитогигиеническую роль; при выращивании культур важно не только подобрать устойчивые к загрязнению виды растений, но способные по возможности очищать почву от загрязняющих веществ, как фитомелиоранты (Моторин А.С., 1999).

Пионером роста является экологически адаптируемый вид, способный противостоять экстремальным условиям, существующим в антропогенной среде (Горлов Д.В., 1981; Бубнов А.Г., 2004).

После нанесения поверхностного слоя и проведения комплекса агротехнических работ сеют фитомелиоранты, в основном, в три этапа:

- посев растений-фитомелиорантов (тимофеевка луговая, пырей бескорневищный, мятлик луговой, овсяница красная, клевер белый), способных выносить из почвы загрязняющие вещества;
- посев дернообразующих трав (травосмесь из двух-трех компонентов и более), подбор для травосмеси должен обеспечить хорошее задержание рекультивируемой свалки или полигона;
- подбор ассортимента древесных и кустарниковых пород для парковых насаждений, устойчивых к загрязнению окружающей среды в условиях города (Моторин А.С., 1999).

Озеленение подобных территорий не завершается посадкой растений, а представляет собой длительный (2-5 лет) и трудоемкий процесс, требующий регулярного ухода за растительностью.

Травы, используемые для рекультивации, должны быть апробированных сортов и местных популяций. Высаживаемые растения должны быстро акклиматизироваться, обладать устойчивостью к неблагоприятным условиям микроклимата и отрицательным физическим и химическим свойствам грунта, иметь сильно развитую корневую систему, обладать способностью к симбиозу с микроорганизмами.

При формировании парковых насаждений рекомендуют следующие породы древесных и кустарниковых культур в зависимости от качества почвы рекультивируемого объекта (Моторина Л.В., 1975):

- на потенциально плодородных почвах реабилитируемого участка: древесные культуры – береза бородавчатая, сосна обыкновенная, тополь, клен, рябина; кустарники – смородина, жимолость татарская, облепиха обыкновенная;

- на почвах со значительной остаточной токсичностью: древесные культуры – береза бородавчатая, тополь, клен; кустарники – ольха серая, вишня степная, жимолость;

- на слаботоксичных, но сильноокислых почвах: древесные культуры – сосна обыкновенная, береза бородавчатая, клен, тополь, ольха серая; кустарники – акация желтая, жимолость татарская, спирея клинолистная, смородина золотистая.

При формировании экологически устойчивых зеленых насаждений рекомендуют создавать смешанные парковые культуры в следующем соотношении: главные породы – до 60%, сопутствующие – до 20%, кустарники – до 20%.

Исключив источники дальнейшего загрязнения почвы, проводя реабилитацию земель и занимая участки культурами, устойчивыми к загрязнению веществами, и культурами-мелиорантами, можно постепенно снизить содержание загрязняющих веществ в почве за счет естественных процессов самоочищения в результате выноса элементов растениями и вымывания их за пределы корнеобитаемого слоя почвы.

Категорически запрещается употреблять в пищевых и кормовых целях продукцию, выращиваемую на загрязненной почве, до окончания рекультивации (Моторин А.С., 2013).

В соответствии с ГОСТ 17.5.1.0285 нарушенные земли различают по направлениям рекультивации в зависимости от вида последующего использования. Рекультивированные территории можно использовать в следующих направлениях:

- сельскохозяйственное – земли могут использовать под пашни, сенокосы, пастбища и многолетние насаждения;
- лесохозяйственное – под лесонасаждения общего хозяйственного и полезного назначения, лесопитомники;
- водохозяйственное – устраивают водоемы для хозяйственно бытовых и промышленных нужд, орошения и рыбоводства;
- рекреационное – для создания зон отдыха и спорта, под парки и лесопарки, водоемы для оздоровительных целей, охотничьи угодья, туристские базы и спортивные сооружения;
- природоохранное и санитарно-гигиеническое – под создание участков противозерозионного лесонасаждения, задернованных или обводненных, закрепленных или законсервированных с применением технических средств, участка для самозарастания специально не благоустраиваемых с целью последующего использования в хозяйственных или рекреационных целях;
- строительное – для промышленного, гражданского и прочего строительства и другого назначения.

Все питательные грунты вырабатываются в соответствии с ГОСТом Р 53381-2009 «Почвы и грунты. Грунты питательные. Технические условия» (2009) по технологической инструкции, утвержденной в установленном порядке, регламентирующей как рецептуру, так и технологию производства, при соблюдении требований, установленных нормативно правовыми актами Российской Федерации. По техническим требованиям питательные грунты

должны содержать токсичные элементы, пестициды и радионуклиды не выше установленных норм.

Согласно ГОСТу Р 53381-2009 массовая доля сухого вещества в питательных грунтах должна быть не менее 25%, содержание включений камней и других посторонних предметов более 0,5 см не допускается, а менее 0,5 см – не более 5%. Содержание органического вещества и элементов питания, реакция среды устанавливаются изготовителем. В производство данных грунтов включается заготовка компонентов, их смешивание, известкование для нейтрализации кислотности, внесение дополнительных количеств элементов питания.

Для создания грунтов используются торф, речной песок, глина, навоз, помет, компосты, окультуренная почва, древесные отходы и др. Торф, используемый в производстве, должен соответствовать требованиям ГОСТ Р 52067-2003. Окультуренная почва пахотным слоем до 15 см для питательных грунтов должна изыматься только после уборки зерновых, кормовых или бобовых культур. Почва из-под овощных культур, картофеля в год возделывания и в течение последующих трех лет для грунта не используется по причине опасности переноса вредителей и болезней в питательный грунт.

По требованиям безопасности питательные грунты и ингредиенты, используемые для их производства, не должны быть токсичными продуктами. По степени влияния на человеческий организм согласно ГОСТ 12.1.007-76 они относятся к веществам 4-го класса опасности. В соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03 по степени биологического загрязнения питательные грунты должны входить в категорию «чистая почва», при этом наличие болезнетворных бактерий, жизнеспособных личинок и яиц гельминтов, цист кишечных простейших, куколок и личинок мух не допускается.

Использование питательных грунтов предусматривает выполнение правил охраны окружающей среды от вредного воздействия пестицидов и минеральных удобрений при их применении, хранении и транспортировке (утверждено Министерством природных ресурсов РФ от 20.12.95 N 521).

Хранить питательные грунты допускается в местах с надежной гидроизоляцией, исключающей возможность инфильтрации веществ и загрязнения грунтовых вод, почв, и продукции растениеводства. Площадки, на которых хранятся питательные грунты, оборудуют по бокам канавками и бортиками для стока избыточной влаги, которая может отводиться в дренажно-канализационную систему, либо засыпаться различными сорбентами (торфом, опилками), и после их насыщения возвращаться на площадку хранения для производства удобрений (ГОСТ Р 53381-2009).

Питательные грунты, используемые для рекультивации нарушенных земель, должны соответствовать всем нормам качества, чтобы улучшить структуру корнеобитаемого слоя, а также способствовать росту и развитию растений.

2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты исследований

Осадок сточных вод. Для создания грунтов использовали в качестве компонентов осадок сточных вод, находившийся на иловых картах очистных сооружений г. Тюмени в течение трёх лет (рис. 1).



Рис. 1 – Осадок сточных вод на очистных сооружениях г. Тюмени

Осадки сточных вод образовались при очистке городских сточных вод на очистных сооружениях канализации г. Тюмени и представляют собой органоминеральное серо-бурое бесструктурное твердое вещество. Осадки механически обезвожены и выдержаны в естественных условиях в течение 3 лет. Массовая доля влаги – 55%, золы – 68%, органических веществ – 32%. Органические вещества – углеводы, жироподобные и белковые вещества сложного состава. ОСВ содержат большой спектр химических элементов минерального питания растений.

Перед проведением опытов необходимо определить химический состав осадков сточных вод. Химический состав осадков зависит от качества воды в водоисточнике и от дозы коагулянта.

Отметим азот и фосфор, содержание которых в осадках в 2,5 и 3,2 раза выше, чем в Нормативных требованиях к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений, что позволяет рассматривать ОСВ как удобрение.

Содержание кальция в ОСВ довольно высокое – 6,14% сухого вещества, что дает возможность применять осадки в целях известкования почв на слабокислых почвах.

Содержащиеся в осадке микроэлементы (цинк, медь, марганец, молибден) участвуют во многих биохимических реакциях, протекающих в клетках растения. Одни из них только содействуют процессу образования протеина, а другие участвуют в построении больших молекул, и поэтому имеют критическое значение для функционирования клеток. Азот, фосфор и калий имеют огромное значение для основных функций клеток, а также для их восстановления, но общая потребность в них небольшая.

Согласно химическому составу осадки сточных вод могут использоваться в качестве органического удобрения. Но необходимо провести исследования по содержанию тяжелых металлов в растениеводческой продукции, её соответствия санитарно-гигиеническим требованиям.

Микробиологические исследования показали, что в ОСВ иловых карт Тюменских очистных сооружений патогенов нет:

- 1) цистные формы кишечных патогенных простейших, жизнеспособные яйца и личинки гельминтов, опасные для здоровья человека – отсутствуют,
- 2) наличие личинок и куколок синантропных мух – отсутствие,
- 3) индекс БГКП – не обнаружен,
- 4) индекс энтерококков – не обнаружен,
- 5) патогенная микрофлора – не обнаружена.

Свалка бытовых отходов. В опыте использована почва со свалки твердых и жидких бытовых отходов д. Верховина Свердловской области со

слоя 0-20 см. Свалку организовали в 1994 году на месте силосных ям для временного хранения отходов с последующей их вывозкой. Но вывоза мусора не было, свалка действует и по сей день (рис. 2). Выйдя за пределы силосной ямы, она заняла часть поля и лесную полосу между силосной ямой и огородами местных жителей.

В 2015 г. содержание цинка в почве свалки в слое 0-30 см превышало ПДК по валовым формам в 6 раз, по подвижным – в 3 раза. Негативное воздействие свалки прослеживается и на окружающей территории. В почве леса возле свалки превышение ПДК валовых форм цинка на 86%, в 100 м от свалки в почве поля – на 83%. Это составляет 1,9 ПДК и 1,8 ПДК соответственно. Действующими санитарно-эпидемиологическими требованиями к качеству почвы СанПиН 2.1.7.1287-03 не допускается превышение уровня загрязнения почв до значений 0,7-0,8 ПДК.



Рисунок 2 – Несанкционированная свалка д. Верховина Свердловской области (реальное фото 2015 г.)

Низинный торф с Тарманского месторождения (Тюменский район). Групповой состав органического вещества торфов включает битумы, водорастворимые и легкогидролизующиеся, гидролизующиеся соединения, гуминовые и фульвокислоты, трудногидролизующиеся соединения и

негидролизующий остаток. В торфе, взятого для опыта, содержание битумов 5%, водорастворимые и легкогидролизующие соединения – 31%, фульвокислоты – 16%, гуминовые кислоты – 9,7%, трудногидролизующие соединения – 16%, негидролизующий остаток – 13%.

Торф с Тарманского месторождения характеризуется содержанием гуминовых кислот в количестве более 20%, поэтому он является перспективным сырьем при создании растительных грунтов.

Сапропель добывается в Ялutorовском районе на озере Непряк. Сапропель-сырье – высокоэффективное экологически чистое органико-минеральное удобрение, представляющее собой отложение пресноводных водоемов, содержащее биохимически ценные микроэлементы и микроорганизмы различных физиологических групп. В составе сапропеля имеются все питательные вещества, необходимые для роста и развития растений. Сапропелевое удобрение богато витаминами группы В (В₁, В₁₂, В₃, В₆), Е, С, D, Р, каротиноидами, многими ферментами (каталазами, пероксидазами, редуктазами, протеазами). Минеральная часть сапропеля, представляющая собой основную составляющую сапропелевого удобрения, содержит большое количество микроэлементов, таких как: Со, Мп, Сu, В, Zn, Br, Мо, V, Cr, Be, Ni, Ag, Sn, Pb, As, Ba, Sr, Ti. По сравнению с торфом и торфонавозными компостами, органическая масса сапропелевого удобрения отличается более высоким содержанием гидролизующих веществ, таких, как аминокислоты, углеводы широкого спектра, гемицеллюлоза и азотосодержащие соединения.

Почва. В качестве контроля выбрана тёмно-серая лесная почва с содержанием гумуса 5,4%, рН_{сол.}=6,5 ед., гидролитическая кислотность – 1,31 мг-экв./100 г, сумма поглощенных оснований – 25,6 мг-экв./100 г, ёмкость поглощения – 26,9 мг-экв./100 г, степень насыщенности почв основаниями – 95,2%. Анализ почвы проведен в 2012 г. Почва была отобрана на пашне на расстоянии 400 м от свалки.

Регуляторы. В опытах изучали 6 сухих препаратов: Natural humic acids, Humate balance из бурого угля (предоставлены компанией Life Force Group, Россия), Аминокислота, Хелат аминокислоты, Фульвокислота и Фульват калия, полученные ферментацией растений (предоставлены Буйским химическим комбинатом, привезены из Китая); три жидких препарата: Росток из низинного торфа (производитель ООО «НПЦ «Эврика», Россия), Гумиам из бурого угля (производитель ООО «Агрофирма «Гермес», Украина), PreCedeTM – водная смесь микроэлементов и макроэлементов (производитель ATP Nutrution, Канада).

Препарат Humate balance активизирует процесс самоочищения почвы от пестицидов и тяжелых металлов. Почвенный кондиционер, повышающий химико-физические и биологические свойства почвы, эффективный мелиорант. Источник биоактивированных гуминовых кислот из леонардита для повышения плодородия всех типов почв, увеличения урожайности. Состав: сухое вещество – 70%, органическое вещество от сухого вещества – 75%, гуминовый экстракт от органического вещества – 90%, гуминовые кислоты от гуминового экстракта – 90%, фульвокислоты – 10%, pH – 6,3.

Препарат Natural humic acids – обогащение и оздоровления почвы гуминовыми кислотами для выращивания экологически чистой продукции.

Почвенный кондиционер пролонгированного действия для повышения плодородия слабогумусовых почв и улучшения структуры всех типов почв.

Источники гуминовых кислот из леонардита для ускорения накопления гумуса почвы и повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Состав: сухое вещество – 70%, органическое вещество от сухого вещества – 80%, гуминовый экстракт от органического вещества – 90%, гуминовые кислоты от гуминового экстракта – 95%, фульвокислоты – 5%, pH – 5,7.

Препарат Росток – разработка ГАУ Северного Зауралья. Он регулирует рост и развитие растений, адаптирует их к стрессовым ситуациям, повышает устойчивость к болезням и коэффициент использования

питательных веществ удобрений. Содержание солей гуминовых кислот не менее 10 г/л.

Препарат Гумиам – гумат аммония из бурого угля. Повышает энергию прорастания и всхожесть семян; повышает урожайность и качество продукции, устойчивость растений к неблагоприятным природным и экологическим факторам, устойчивость к заболеваниям; стимулирует корнеобразование черенков; улучшает приживаемость саженцев и рассады, развитие растений; уменьшает содержание нитратов.

Препарат PreCede^{mm} – водная смесь микроэлементов Mn и Zn (4-7%), ионов фосфорной кислоты (10%), монофосфата калия (30-40%).

2.2 Условия и методика проведения исследований

Вегетационный метод – это исследование, осуществляемое в строго контролируемых условиях внешней среды сроком от нескольких дней до нескольких месяцев в вегетационных климатических камерах и других сооружениях с целью установления различий между вариантами опыта и количественной оценки действия и взаимодействия изучаемых факторов на урожай растений и его качество.

Вегетационные опыты чаще всего представляют собой статистические комплексы, состоящие из нескольких независимых выборок – вариантов. Независимость сопоставимых вариантов достигается регулярным перемещением сосудов на вагонетке. Следовательно, в вегетационных опытах обычно нет территориально организованных повторностей. В таких случаях дисперсионный анализ данных необходимо вести как для несопряженных выборок. Когда в вегетационном опыте варианты объединяют территориально в повторения, то статистический анализ проводят так же, как и полевых опытах, поставленных методом организованных повторений.

Основная цель вегетационного метода – изучить влияние отдельных факторов жизни растений, сущность процессов, которые происходят в

растении в почве и в системе почва-растение. Задачей является изучение физиологической роли питательных веществ и их поступление в растение, значение реакции среды, нормы полива, отношение различных растений к температуре, влаге (засухоустойчивости), свету (фотопериодизм).

Нами проведено 5 серий вегетационных опытов в климаткамере в течение 2012-2020 гг. Исследования проводились в учебной лаборатории 1 корпуса ГАУ Северного Зауралья, обустроенной всем необходимым оборудованием для проведения вегетационного опыта.

Набивка сосудов и проращивание семян тест-культуры во всех опытах аналогичные.

Тест-культура – семена яровой пшеницы сорт Иргина. Контроль – темно серая лесная почва. В качестве сосудов использовали стаканы емкостью 500 мл. Набивка сосудов проводилась грунтами массой 530 г. Семена отбирались однородные по размеру по 20 шт. Каждая партия семян взвешивалась, для опытов брали партии семян с небольшим расхождением по массе. Семена замачивали на сутки в чашках Петри и отбирали для посева по 15 шт. на сосуд. При посеве делали ямочки глубиной 1,5 см (рис. 3). Пинцетом укладывали в ямки зерна ростком вниз. Заделывали ямки стеклянной палочкой.



Рисунок 3 – Закладка опыта

Сосуды помещали в климатостат марки КС-200 СПУ. Опыты проводили в 4-6 кратной повторности. Семена проращивались при температуре 20⁰С с заданной программой смены «дня» и «ночи». Подсчет энергии прорастания проводили на 4 сутки, всхожесть – на 7 сутки. Уборку сосудов проводили на 14 сутки после посева семян (рис. 4). Отмывали корневую систему проростков, подсчитывали число корешков и проводили биометрические замеры: длина и масса корневой системы, длина и масса надземной части растений.



Рис. 4 – Сосуды с растениями тест-культуры в климаткамере

В ходе изучения отечественных и зарубежных литературных источников были выбраны дозы и соотношения осадка сточных вод для проведения вегетационных опытов.

Вегетационные опыты №1 «Осадок сточных вод в качестве органического удобрения» (2012-2013 гг.).

Схема опыта № 1.1:

1. Почва пашни (контроль),
2. Почва + ОСВ (3,5 т/га),
3. Почва + ОСВ (5 т/га),
4. Почва + ОСВ (25 т/га),
5. Почва + ОСВ (50 т/га).

Схема опыта № 1.2:

1. Почва пашни (контроль),
2. Почва + ОСВ (3,5 т/га),
3. Почва + ОСВ (5 т/га),

Вегетационные опыты №2 «Осадок сточных вод в качестве компонента грунтов» (2012-2017 гг.).

Схема опыта № 2.1 (2012-2014 гг.):

1. Почва пашни (контроль),
2. ОСВ,
3. ОСВ:торф (3:1),
4. Почва:ОСВ (3:1),
5. Почва:торф:ОСВ (2:1:1).

Схема опыта №2.2 (2015-2017 гг.):

1. Почва пашни (контроль),
2. ОСВ:торф (1:1),
3. ОСВ:торф (1:2),
4. ОСВ:торф (1:3),
5. ОСВ:торф (1:4),
6. ОСВ:песок:торф (1:1:2),
7. ОСВ:песок:торф (1:1:3),
8. ОСВ:песок:торф (1:2:2).

Схема опыта №2.3 (2017 г.):

1. Почва пашни (контроль)
2. ОСВ:Natural humic acids (3:1),
3. ОСВ:сапропель (3:1).

Вегетационные опыты №3 «Разработка грунтов на основе сапропеля» (2017-2020 гг.). В опытах изучали действие сапропеля на тест-культуру для определения оптимального соотношения компонентов в составе грунтов. Тест-культура – яровая пшеница сорт Скэнт урожая 2016 г.

Схема опыта № 3.1:

1. Почва пашни (контроль),
2. Торф,
3. Сапропель,
4. Торф:сапропель (1:1,5),
5. Торф:сапропель (2:1),
6. Торф:сапропель (1:3),
7. Торф:сапропель (1:4),
8. Песок:торф (1:3),
9. Песок:торф (1:4),
10. Торф:песок:сапропель (1:1:3).

Схема опыта № 3.2:

1. Почва пашни (контроль),
2. Песок:сапропель (1:3),
3. Песок:сапропель (1:3)+Росток (50 мл),
4. Торф:сапропель (1:4),
5. Торф:сапропель (1:4)+ Росток (50 мл),
6. Торф:песок:сапропель (1:1:3),
7. Торф: песок:сапропель (1:1:3)+ Росток (50 мл).

Схема опыта № 3.3:

1. Контроль (сапропель),
2. Сапропель+Росток (25 мл),
3. Сапропель+Росток (10 мл),
4. Сапропель+Росток (5 мл),
5. Сапропель+Росток (1 мл).

В грунтах соотношения компонентов устанавливались по массе. Во втором и третьем опытах доза препарата Росток рассчитана на 500 г грунта.

В состав выделившихся грунтов добавили препарат Росток в дозе 2 мл/кг и провели вегетационный опыт.

Схема опыта № 3.4:

1. Почва пашни (контроль),

2. Грунт состав 1 (сапропель+Росток),
3. Грунт состав 2 (торф:сапропель (2:1)+Росток),
4. Грунт состав 3 (песок:сапропель (1:3)+Росток),
5. Грунт состав 4 (торф:песок:сапропель (1:1:3)+Росток),
6. Грунт состав 5 (торф:сапропель (1:4)+Росток).

Вегетационные опыты №4 «Выбор регулятора роста растений для биологической рекультивации» (2017-2020 гг.).

Схема вегетационного опыта № 4.1:

1. Контроль опыта – вода дистиллированная,
2. Образец №1 – аминокислота,
3. Образец №2 – хелат аминокислоты,
4. Образец №3 – фульвокислота,
5. Образец №4 – фульват калия.

Образцы препаратов из Китая предоставлены Буйским химическим заводом в сухой препаративной форме. Для опыта приготовлены 1% растворы. Семена замачивали в рабочих растворах препаратов 0,001% концентрации в течение суток.

Схема вегетационного опыта № 4.2:

1. Контроль (вода),
2. Росток,
3. PreCedeTM,
4. Гумиам.

Семена замачивали в рабочих растворах препаратов 0,001% концентрации в течение суток.

Вегетационные опыты №5 «Биологическая рекультивация загрязненной тяжелыми металлами почвы» (2017-2020 гг.).

Схема опыта № 5.1:

1. Почва пашни (контроль),
2. Загрязненная ТМ почва свалки,
3. Загрязненная ТМ почва свалки+Humate balance (500 кг/га),

4. Загрязненная ТМ почва свалки+Росток.

Гуминовый препарат Humate balance вносили в почву свалки в дозе 500 кг/га. Семена тест-культуры перед посевом на сутки замачивали в воде для вариантов 1-3 и растворе препарата Росток (0,001% концентрации) для варианта 4.

Схема опыта 5.2:

1. Почва пашни (контроль),
2. Загрязненная ТМ почва свалки,
3. Загрязненная ТМ почва свалки+грунт (сапропель+Росток) (30 т/га).

Схема опыта 5.3:

1. Почва пашни (семена замочены в воде),
2. Почва пашни (семена замочены в Ростке),
3. Загрязненная ТМ почва свалки (семена замочены в воде),
4. Загрязненная ТМ почва свалки (семена замочены в Ростке),
5. Загрязненная ТМ почва свалки+грунт (семена замочены в воде),
6. Загрязненная ТМ почва свалки+грунт (семена замочены в Ростке).

Грунт (ОСВ:песок:торф=1:2:2) вносили в почву свалки в дозе 20 т/га. Семена тест-культуры перед посевом на сутки замачивали в воде и растворе препарата Росток (0,001% концентрации).

Валовое содержание и подвижные формы тяжелых металлов определялись на пламенном атомно-абсорбционном спектрометре Analytik jena «ConterAA 300» в испытательной лаборатории ФГБУ ГСАС «Тюменская». Валовое содержание элементов (As, Pb, Cd, Zn, Ni, Cu, Cr) согласно методике М-МВИ-80-2008. Подвижные формы элементов (Pb, Cd, Zn, Ni, Cu, Cr) – в почвенной вытяжке ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH=4,8 (метод Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО). Максимально допустимый уровень (МДУ) элементов в растениях тест-культуры устанавливали по показателям для грубых и сочных кормов. ПДК валового содержания и содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве – согласно ГН 2.1.7.2041-06, ОДК – ГН 2.1.7.020-94.

Агрохимические показатели почвы (гидролитическая кислотность, pH, содержание гумуса, сумма поглощенных оснований, емкость поглощения, степень насыщенности почв основаниями) определены по общепринятым методикам.

Рассчитаны коэффициенты биологического поглощения и накопления по методикам Б.Б. Плынова и А.И. Перельмана.

Для статистической обработки результатов исследований применяли дисперсионный анализ данных вегетационного опыта (Доспехов, 1985) с использованием программы Microsoft Excel 2010.

3 ПРИМЕНЕНИЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ

Важным этапом при биологической рекультивации является повышение плодородия нарушенных земель. Один из способов – внесение органических удобрений, в т.ч. осадка сточных вод. В ОСВ высокое содержание органических веществ. Богаты они азотом и усвояемыми формами фосфатов. ОСВ содержат широкий спектр микроэлементов, необходимых для роста растений (Газизов Р.Р., Яппаров А.Х., Биккинина Л.М.-Х., Суханова И.М., 2016). ОСВ являются ценным органическим удобрением (Вермиш Л.П., 1978). ОСВ превосходил навоз по содержанию органического вещества в 1,8 раза, азота – в 1,6 раза (Жигарева Ю.В., 2018).

В западноевропейских странах сельскохозяйственное использование осадков достигает 40% и более, в условиях России – 5-7% (Байбеков Р.Ф., Мерзлая Г.Е., Власова О.А., 2015). Основные ограничения в использовании ОСВ – непостоянный химический состав и возможное превышение существующих регламентов содержания тяжелых металлов (ТМ), что создает риск загрязнения почвы и растений.

Повышенное содержание ТМ в ОСВ представляет потенциальную экологическую токсичность (Мерзлая Г.Е., 2009; Черноголов А.Л., Чекмарев П.А., Васенев И.И., Гогмачадзе Г.Д., 2012). Н.Т. Чеботарев, Н.Д. Найденов, А.А. Юдин (2016) к наиболее общим малоспецифическим проявлениям токсического действия ТМ на растения относят торможение роста, хлороз и нарушение водного обмена. Внесение избытка ТМ ввиду их низкой растворимости может привести к аккумуляции в почве.

Содержание веществ в осадках определяется составом сточных вод и технологией их очистки (Газизов Р.Р., Яппаров А.Х., Биккинина Л.М.-Х., Суханова И.М., 2016). Содержание ТМ в ОСВ зависит от доли промышленных стоков в общегородской канализации. В осадках сточных вод коммунального хозяйства г. Пензы наблюдается превышение ПДК по

кадмию и никелю (Чекаев Н.П., 2010), г. Набережные Челны – по цинку (Газизов Р.Р., Яппаров А.Х., Биккинина Л.М.-Х., Суханова И.М., 2016), г. Твери – по меди, цинку и мышьяку (Барановский И.Н., Подолян Е.А., 2017), г. Перми – по кадмию (Отаббонг Э., Якименко О.С., Садовникова Л.К., 2001).

Химический и биологический состав существенно колеблется не только в разных городах и в разные годы, но и в пределах одного очистного сооружения в течение года (Жигарева Ю.В., 2018).

В ОСВ содержание тяжелых металлов может превышать ПДК, поэтому необходимо установить его дозу, повышающую плодородие и не угнетающую растения.

При анализе литературных источников установили, что в опытах разных авторов дозы ОСВ варьируют в значительных пределах. ОСВ вносили в дозе 10 т/га весной под культивацию два года подряд (Рауэлиаривуни А.С., Васенев И.И. Касатиков В.А., Шабардина Н.П., 2013), 3, 9, 27 т/га (Хабарова Т.В., Виноградов Д.В., Кочуров Б.И. и др., 2018), 7,5 и 15 т/га (Пахненко Е.П., Ермаков А.В., Убугунов Л.Л., 2009), 30, 60 и 120 т/га (Чеботарев Н.Т., Найденов Н.Д., Юдин А.А., 2016), 30-40 т/га (Газизов Р.Р., Яппаров А.Х., Биккинина Л.М.-Х., Суханова И.М., 2016), 20, 40, 60 т/га (Жигарева Ю.В., 2018). И.И. Васенев, Н.К. Сюняев, Б. Бадарч (2010) ОСВ вносили в дозах 10 т/га (4 раза с циклом 1 раз в 3 года) и 200 т/га (2 раза за период 2001-2010 гг.).

Авторами (Байбеков Р.Ф., Мерзлая Г.Е., Власова О.А., Налиухин А.Н., 2013) установлено, что при внесении ОСВ в дозе 4 т/га уровни поступления тяжелых металлов и мышьяка в почву были невысокими и не могли оказать негативного влияния на ее экологическое состояние.

На основе литературных материалов нами было принято решение изучить действие на почву и тест-культуру внесение ОСВ в дозах: 3,5, 5, 25 и 50 т/га.

3.1 Влияние осадка сточных вод на растения

Почвы, благодаря высокой катионной поглотительной способности, хорошо удерживают положительно заряженные ионы металлов (Алексеев, 2008). Поэтому их постоянное поступление даже в малых количествах способно привести к существенному накоплению металлов в почве. Кислотность почвы влияет на подвижность металлов и усвоение их растениями. Нейтральная реакция среды предотвращает фитотоксичность многих ТМ при существенном их содержании в почве. Но такое же содержание ТМ при pH 5,5 и ниже может быть летальным для растений.

Токсическое действие ТМ на растения можно проследить по посевным качествам семян и морфометрическим параметрам растений тест-культуры. Энергия прорастания повысилась при внесении ОСВ в дозе 3,5 т/га на 8%, существенно снизилась на 22% при внесении в почву осадка в дозе 50 т/га (табл. 1, прил. В). При внесении ОСВ в дозах 5 и 25 т/га этот показатель снижался по отношению к контролю не существенно. На всхожесть изучаемые дозы осадка не оказали существенного влияния.

Таблица 1 – Влияние осадка сточных вод на посевные качества семян тест-культуры

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Почва (контроль)	87	94
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	94	98
Почва+ОСВ (5 т/га)	86	90
Почва+ОСВ (25 т/га)	82	96
Почва+ОСВ (50 т/га)	68	98
НСР ₀₅	8,7	4,2

По числу корешков существенно превышал контроль вариант с внесением осадка в дозе 5 т/га (табл. 2, прил. Г). На всех вариантах, кроме дозы 3,5 т/га, по сравнению с контролем наблюдалось существенное

уменьшение длины корневой системы проростков на 15-32%. Масса корневой системы снижалась при внесении высоких доз ОСВ. Вариант с внесением осадка в дозе 3,5 т/га существенно превышал контроль по данному показателю на 14 сутки проращивания на 23%.

Таблица 2 – Влияние осадка сточных вод на корневую систему
тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г
Почва (контроль)	4,8	13,3	0,26
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	5,0	13,9	0,32
Почва+ОСВ (5 т/га)	5,3	11,4	0,24
Почва+ОСВ (25 т/га)	5,0	9,1	0,26
Почва+ОСВ (50 т/га)	5,0	9,3	0,27
НСР ₀₅	0,28	1,28	0,05

Высоту растений существенно снизили дозы осадка 25 и 50 т/га на 28 и 45% (табл. 3, прил. Д). Низкие дозы не оказали существенного влияния. Массу растений существенно повысила на 14% доза 3,5 т/га. Внесение дозы 50 т/га отрицательно сказалось на данном показателе, снижение на 41%. Остальные две дозы не оказали существенного влияния.

Таблица 3 – Влияние осадка сточных вод на надземную часть растений
тест-культуры

Вариант	Длина растений, см	Масса растений, г
Почва (контроль)	16,4	1,80
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	18,8	2,05
Почва+ОСВ (5 т/га)	13,9	1,94
Почва+ОСВ (25 т/га)	11,9	1,86
Почва+ОСВ (50 т/га)	10,7	1,07
НСР ₀₅	3,00	0,2

Положительно на все показатели семян и растений повлияло внесение ОСВ только в минимальной дозе – 3,5 т/га (рис. 5, 6).



Рисунок 5 – Проростки тест-культуры на 7 сутки после посева:
1 – контроль, 2 – почва+ОСВ (3,5 т/га), 3 – почва+ОСВ (5 т/га), 4 –
почва+ОСВ (50 т/га), 5 – почва+ОСВ (25 т/га)



Рисунок 6 – Проростки тест-культуры на 14 сутки после посева:
1 – контроль, 2 – почва+ОСВ (3,5 т/га), 3 – почва+ОСВ (5 т/га), 4 –
почва+ОСВ (50 т/га), 5 – почва+ОСВ (25 т/га)

Повторно был проведен опыт с дозами 3,5 и 5 т/га. ОСВ в предыдущем опыте брали на очистных сооружениях осенью 2012 г., в данном опыте – летом 2013 г.

На энергию прорастания и всхожесть ОСВ в дозах 3,5 и 5,0 т/га не оказал влияния, показатели на уровне контроля (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние осадка сточных вод на посевные качества семян
тест-культуры

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Почва пашни (контроль)	48	79
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	47	77
Почва+ОСВ (5,0 т/га)	48	77
НСР ₀₅	8,4	4,6

По числу корешков ОСВ в обоих дозах существенно превышал контроль на 4-6% (табл. 5). Длина корней на уровне контроля. Масса корней существенно превышала контроль только при внесении ОСВ в дозе 5,0 т/га на 45%.

Таблица 5 – Влияние осадка сточных вод на корневую систему
тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г
Почва пашни (контроль)	5,1	12,3	0,20
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	5,4	10,5	0,18
Почва+ОСВ (5,0 т/га)	5,3	12,4	0,29
НСР ₀₅	0,12	3,70	0,13

Различие доз ОСВ с контролем по показателям надземной части растений не существенно (табл. 6).

Таблица 6 – Влияние осадка сточных вод на надземную часть растений
тест-культуры

Вариант	Длина растений, см	Масса растений, г
Почва пашни (контроль)	20,1	1,01
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	20,2	0,91
Почва+ОСВ (5,0 т/га)	19,5	1,03
НСР ₀₅	3,28	0,22

Таким образом, по результатам двух вегетационных опытов можно сделать заключение, что для повышения плодородия нарушенных земель при биологической рекультивации можно вносить ОСВ в дозах 3,5-5,0 т/га.

3.2 Влияние осадка сточных вод на содержание тяжелых металлов в почве и растениях

В условиях химического загрязнения в золе растений возрастает содержание тяжелых металлов. Зольный состав растений должен рассматриваться как один из существенных показателей гигиенического качества растений. Растение может быть опасным для животных и человека даже при высокой питательности в случае содержания недопустимых количеств тяжелых металлов. При этом растения могут не иметь признаков отравления и патологических изменений. Опасность отравления ТМ прежде всего угрожает животным. Сено, солома и ботва практически не защищены биологическим барьером. Генеративные органы растений от прямого поступления ТМ из стеблей и листьев защищены флоэмой.

Микроэлементы – цинк, медь, марганец, участвуют во многих биохимических реакциях, протекающих в клетках растения. Одни из них только содействуют процессу образования протеина, а другие участвуют в построении больших молекул, и поэтому имеют критическое значение для функционирования клеток.

В опыте А.С. Рауэлиаривуни, И.И. Васенева, В.А. Касатикова, Н.П. Шабардиной (2013) двукратное применение ОСВ в дозе 10 т/га не сопровождалось превышением установленных ПДК в почве, но в растениях горчицы белой отмечено значительное поступление ТМ, превышало МДУ содержание хрома.

Внесение ОСВ в дозах более 30 т/га приводило к избыточному накоплению ТМ в почве и растениях, достаточно высокой подвижности токсичных элементов в почве (Чеботарев Н.Т., Найденов Н.Д., Юдин А.А., 2016). При использовании ОСВ в дозах 60 и 120 т/га содержание в почве свинца превышало ПДК в 1,1, цинка в 1,9, кадмия в 1,7-2,0 раза.

При внесении ОСВ в дозе 10 т/га (4 раза с циклом 1 раз в 3 года) отмечался по отношению к контролю рост концентрации свинца в 1,1 раза, кадмия – 1,2 раза, цинка – 1,9 раза, но не превышал ОДК (Васенев И.И., Сюняев Н.К., Бадарч Б., 2010). При внесении ОСВ в дозе 200 т/га (2 раза за период 2001-2010 гг.) по отношению к контролю увеличилось содержание свинца в 2,7 раза, кадмия – 16,7 раза (5,4 ОДК), цинка – в 40 раз (4,1 ОДК).

Высокая доза (15 т/га) повышала в дерновой лесной почве содержание кадмия на 43,8% (в 1,4 раза), свинца – на 31,2% (в 1,3 раза), никеля – на 58,8% (в 1,6 раза), цинка – на 21,6% (в 1,2 раза), содержание меди снижалось на 9% (Пахненко Е.П., Ермаков А.В., Убугунов Л.Л., 2009).

На содержание тяжелых металлов нами были исследованы образцы почвы и растений контроля и доз осадка 3,5 и 5,0 т/га.

Дефицит цинка проявляется сначала на старых листьях. Можно предположить, что растение само перенаправляет этот питательный элемент к новым листьям за счет старых. Растение, испытывающее дефицит одного из микроэлементов, отстает в росте, поэтому, как правило, имеет маленькие размеры и малое количество побегов.

В ОСВ валовое содержание цинка превышало ПДК в 4,6 раза, ОДК – в 2 раза (табл. 7). Подвижные формы превышали ПДК в 16 раз, ОДК – в 6 раза.

Таблица 7 – Содержание цинка в почве и растениях, мг/кг

Вариант	Почва		Растения	Корни
	Валовое содержание	Подвижные формы		
Почва пашни (контроль)	65,8	3,8	24,7	44,3
ОСВ	457,4	376,4	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	84,2	5,2	28,2	42,6
Почва+ОСВ (5,0 т/га)	127,2	8,2	32,7	44,5
ПДК (МДУ)	100	23	50	
ОДК	220	60		

Внесенный осадок увеличивал содержание в почве валовое содержание цинка: доза 3,5 т/га – на 28%, доза 5,0 т/га – на 93%. В растениях тест-культуры превышения ПДК не наблюдалось при внесении обеих доз. По сравнению с растениями, выращенными на почве, содержание цинка повышалось: доза 3,5 т/га – на 14%, доза 5,0 т/га – на 32%. В корнях содержание цинка на уровне почвы.

Медь необходима для нормального развития и растений и животных. При ее недостатке болеют и отмирают листья растений, не образуются семена. Медь входит в состав ферментов – оксидаз, полифенолоксидаз, лактозы и др.

В ОСВ валовое содержание и содержание подвижных форм меди превышало ПДК на 34 и 73%, но не превышало ОДК (табл. 8). На содержание меди в почве и растениях изучаемые дозы не оказали существенного влияния, содержание на уровне контроля.

Таблица 8 – Содержание меди в почве и растениях, мг/кг

Вариант	Почва		Растения	Корни
	Валовое содержание	Подвижные формы		
Почва (контроль)	15,1	0,3	7,4	10,9
ОСВ	73,9	5,2	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	12,9	0,2	7,0	12,3
Почва+ОСВ (5,0 т/га)	14,2	0,3	7,1	14,0
ПДК (МДУ)	55	3	30	
ОДК	132	50		

Валовое содержание свинца в ОСВ составляло 1,6 ПДК, но не превышало ОДК (табл. 9). Содержание подвижных форм свинца в 3,2 раза ниже ПДК. В корнях и вегетативных частях растений содержание данного тяжелого металла в пределах контроля.

Таблица 9 – Содержание свинца в почве и растениях, мг/кг

Варианты	Почва		Растения	Корни
	Валовое содержание	Подвижные формы		
Почва (контроль)	21,3	0,5	20,3	17,2
ОСВ	49,8	1,9	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	20,6	0,6	22,0	14,3
Почва+ОСВ (5,0 т/га)	23,7	0,6	23,6	15,5
ПДК (МДУ)	32	6	5	
ОДК	130	60		

Содержание никеля в ОСВ значительно ниже ПДК (табл. 10). В почве при внесении ОСВ валовое содержание никеля ниже контроля, валовых форм – на уровне контроля. В корнях тест-культуры содержание никеля при внесении ОСВ в почву превышало контроль в 1,3 и 1,9 раза соответственно по дозам. В вегетативной части растений никель не обнаружен.

Таблица 10 – Содержание никеля в почве и растениях, мг/кг

Варианты	Почва		Растения	Корни
	Валовое содержание	Подвижные формы		
Почва (контроль)	17,9	1,3	н.о.	8,0
ОСВ	28,3	3,8	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	10,3	1,4	н.о.	10,7
Почва+ОСВ (5,0 т/га)	14,4	1,4	н.о.	14,9
ПДК (МДУ)	85	4	3	
ОДК	80	36		

Содержание хрома в ОСВ значительно ниже ПДК, но валовое содержание выше, чем в почве на 38%, содержание подвижных форм – в 3 раза (табл. 11). В корнях тест-культуры содержание хрома превышало контроль: доза 3,5 т/га – в 1,2 раза, доза 5,0 т/га – в 1,8 раза. В растениях содержание хрома при внесении ОСВ в почву ниже контроля (почвы).

Таблица 11 – Содержание хрома в почве и растениях, мг/кг

Вариант	Почва		Растения	Корни
	Валовое содержание	Подвижные формы		
Почва (контроль)	27,2	0,2	4,6	14,2
ОСВ	37,5	0,6	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	28,8	0,2	2,4	17,0
Почва+ОСВ (5,0 т/га)	37,2	0,2	2,9	25,4
ПДК (МДУ)	100	6	0,5	
ОДК		15		

Существуют данные о возрастании содержания кадмия в продуктах питания как результат загрязнения окружающей среды. Кадмий может выступать как антагонист цинка, нарушая его поступление в растение. Его избыток ингибирует синтез ДНК, белков и нуклеиновых кислот, влияет на

активность ферментов, нарушает усвоение и обмен других микроэлементов (Zn, Cu, Se, Fe), что может вызывать их дефицит.

В ОСВ валовое содержание кадмия составляло 1,7 ОДК (табл. 12) и превышало содержание в почве в 2,3 раза. Содержание подвижных форм составляло 1,4 ПДК и превышало контроль в 14 раз. Осадок в дозе 5,0 т/га повышал валовое содержание кадмия в почве на 47%, что превышало ПДК. В корнях и вегетативной части растений содержание кадмия выше контроля на 25 и 33% соответственно. Внесение в почву ОСВ в дозе 3,5 т/га повышало содержание кадмия в вегетативной части растений на 22%, в корнях – содержание на уровне контроля.

Таблица 12 – Содержание кадмия в почве и растениях, мг/кг

Вариант	Почва		Растения	Корни
	Валовое содержание	Подвижные формы		
Почва (контроль)	1,5	0,1	1,8	1,6
ОСВ	3,4	1,4	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	1,8	0,2	2,2	1,6
Почва+ОСВ (5,0 т/га)	2,2	0,3	2,4	2,0
ПДК (МДУ)		1	0,3	
ОДК	2	1		

В растительных организмах ртуть вызывает ингибирование клеточного дыхания, фотосинтеза, образования хлорофилла, газового обмена, снижение ферментативной активности.

Содержание ртути в ОСВ ниже ПДК, но выше контроля в 5 раз (табл. 13). Внесенные дозы осадка повышали содержание ртути в почве в 4,5 (доза 3,5 т/га) и 5,5 раза (5,0 т/га), в вегетативной части растений тест-культуры – в 2 раза.

Таблица 13 – Содержание ртути в почве и растениях, мг/кг

Варианты	Почва (валовое содержание)	Растения	Корни
Почва (контроль)	0,2	0,1	0,1
ОСВ	1,0	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	0,9	0,2	0,1
Почва+ОСВ (5,0 т/га)	1,1	0,2	0,1
ПДК (МДУ)	2,1	-	-
ОДК	-	-	-

Соединения мышьяка играют важную роль в агробиологических процессах. Отмечено, что небольшие количества его стимулируют рост и развитие растений.

Содержание мышьяка в ОСВ ниже ПДК, но выше контроля в 2,2 раза (табл. 14). При внесении ОСВ в почву повышалось содержание мышьяка в 1,6 и 1,8 раза. В корнях растений превышение контроля в 2-3 раза, в вегетативной части растений – содержание на уровне контроля.

Таблица 14 – Содержание мышьяка в почве и растениях, мг/кг

Вариант	Почва (валовое содержание)	Растения	Корни
Почва (контроль)	0,5	0,1	0,1
ОСВ	1,1	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	0,8	0,1	0,2
Почва+ОСВ (5,0 т/га)	0,9	0,1	0,3
ПДК (МДУ)	2	-	-
ОДК	10	-	-

В ОСВ превышение ПДК наблюдалось по валовому содержанию цинка, меди, свинца, кадмия и ртути, по подвижным формам цинка, меди и кадмия. Содержание никеля, хрома и мышьяка значительно ниже ПДК. В

почве внесение осадка повышало валовое содержание цинка, хрома, кадмия, ртути и мышьяка, но превышали ПДК только цинк и ртуть, а также кадмий при внесении дозы 5,0 т/га. Содержание подвижных форм возрастало по цинку и кадмию, но не превышало ПДК. В растениях на контроле и на изучаемых вариантах содержание свинца, хрома и кадмия превышало максимально допустимый уровень. В вегетативной части растений содержание свинца, кадмия и ртути содержалось значительно больше, чем в корнях. Эти металлы беспрепятственно поступают из корней в надземную часть растений. Содержание цинка, меди, никеля, хрома и мышьяка в корнях превышало вегетативную часть растений, т.е. они задерживаются в корнях и в меньшей степени поступают в надземную часть растений.

Коэффициент биологического поглощения подтвердил вышесказанное: цинк, медь, никель, хром и мышьяк в большей степени поглощались корнями, а свинец, кадмий и ртуть – вегетативной массой растений (табл. 15).

Таблица 15 – Коэффициент биологического поглощения (КБП)

ТМ	Объект	Вариант		
		Почва пашни (контроль)	Почва+ОСВ (3,5 т/га)	Почва+ОСВ (5,0 т/га)
Цинк	Корни	0,67	0,51	0,35
	Растения	0,38	0,33	0,25
Медь	Корни	0,72	0,99	0,96
	Растения	0,49	0,54	0,50
Свинец	Корни	0,81	0,70	0,66
	Растения	0,95	1,07	1,00
Никель	Корни	0,45	1,04	1,03
	Растения	0	0	0
Хром	Корни	0,52	0,59	0,68
	Растения	0,17	0,08	0,08
Кадмий	Корни	1,07	0,89	0,91
	Растения	1,20	1,22	1,09
Ртуть	Корни	0,50	0,11	0,09
	Растения	0,50	0,22	0,18
Мышьяк	Корни	0,20	0,25	0,33
	Растения	0,20	0,12	0,11

Коэффициент биологического поглощения корнями растений при внесении ОСВ в почву превышал контроль по меди, никелю, хрому и мышьяку. Этот коэффициент преобладал на контроле по цинку, свинцу, кадмию и ртути. В растениях коэффициент биологического поглощения при внесении ОСВ превышал контроль по меди и свинцу, а был ниже – по цинку, хрому, кадмию, ртути и мышьяку. Никель в растениях не обнаружен. Суммарное поглощение тяжелых металлов корнями при внесении ОСВ незначительно превышало контроль, растениями – меньше контроля.

Наиболее информативным критерием оценки количества металлов, перешедших из почвы в растения, служит коэффициент накопления (Кн). Рассчитывается как отношение содержания элемента в золе растений к содержанию его подвижных форм в почве, т.к. именно они доступны растениям. Биологическое накопление происходило в большей степени в вегетативной массе растений по свинцу и кадмию, в корневой системе – по цинку, меди, никелю и хрому (табл. 16).

Таблица 16 – Коэффициент биологического накопления (Кн)

ТМ	Объект	Вариант		
		Почва (контроль)	Почва+ОСВ (3,5 т/га)	Почва+ОСВ (5,0 т/га)
Цинк	Корни	11,7	8,2	5,4
	Растения	6,5	5,4	4,0
Медь	Корни	36,3	61,5	46,7
	Растения	24,7	23,3	35,5
Свинец	Корни	34,4	23,8	25,8
	Растения	40,6	36,7	39,3
Никель	Корни	6,2	7,6	10,6
	Растения	0	0	0
Хром	Корни	71,0	85,0	127,0
	Растения	23,0	12,0	14,5
Кадмий	Корни	16,0	8,0	6,7
	Растения	18,0	11,0	8,0

При внесении ОСВ в почву коэффициент биологического накопления корнями растений превышал контроль по меди, никелю и хрому, уступал контролю – по цинку, свинцу и кадмию. Коэффициент биологического накопления в растениях при внесении ОСВ превышал контроль по меди, а был ниже контроля – по цинку, свинцу, хрому и кадмию.

3.3 Влияние осадка сточных вод на агрохимические показатели почвы

Применение ОСВ положительно влияет на агрохимические свойства почвы (Чеботарев Н.Т., Найденов Н.Д., Юдин А.А., 2016). Внесение ОСВ увеличивает показатели рН водной и солевой вытяжек, снижает гидролитическую кислотность, повышает степень насыщенности основаниями и биологическую активность.

Внесение ОСВ улучшает физические свойства почв: повышается водоудерживающая способность, уменьшается объемная масса. Присутствие органического вещества повышает оструктуренность, наличие грубых частиц и кальция улучшает водно-физические свойства почвы (Дунсин Ч., Касатиков В.А., Раскатов В.А., 2005).

При внесении ОСВ в дозе 10 т/га весной под культивацию два года подряд (Рауэлиаривуни А.С., Васенев И.И. Касатиков В.А., Шабардина Н.П., 2013) существенно повышалось содержание в почве общего углерода и подвижного фосфора.

При внесении ОСВ в дозах 30-40 т/га (Газизов Р.Р., Яппаров А.Х., Биккинина Л.М.-Х., Суханова И.М., 2016) отмечено повышение гумуса на 0,2-0,5% (абс.), подвижного фосфора на 10-21%, обменного калия на 9-16% по сравнению с фоном (K_{60}). Реакция почвенного раствора увеличилась на 0,2-0,3 ед. Показатели гидролитической кислотности выросли на 3,3-5,2%. Отмечено небольшое увеличение суммы поглощенных оснований.

И.И. Васенев, Н.К. Сюняев, Б. Бадарч (2010) при внесении ОСВ в дозе 10 т/га (4 раза с циклом 1 раз в 3 года) за 10 лет наблюдали незначительное

повышение органического вещества (0,05%), снижение кислотности (на 0,32 ед.), повышение содержания подвижного фосфора на 2,5 мг/кг в год. Изменение содержания обменного калия невелико – 0,8 мг/кг в год. Доза 200 т/га (2 раза за период 2001-2010 гг.) за 10 лет более значительно влияла на почву: повышение органического вещества в 3,0 раза, снижение кислотности на 0,45 ед., повышение содержания подвижного фосфора на 11,4 мг/кг в год, обменного калия – на 5,8 мг/кг в год.

При внесении ОСВ в дозах 20, 40, 60 т/га наблюдалось повышение содержания нитратного азота в почве, накопление подвижного фосфора и незначительное увеличение калия (Жигарева Ю.В., 2018).

Т.Н. Болышева, А.Р. Валитова, П.П. Кижаккин, В.А. Касатиков (2006) отмечали, что ОСВ практически не влияет на обеспеченность почв калием. В ОСВ низкое содержание калия, поэтому накопление его в почве не происходит. Но в опытах других авторов (Пахненко Е.П., Ермаков А.В., Убугунов Л.Л., 2009) содержание доступного калия в почве увеличивалось при внесении ОСВ на 33%.

При внесении малой дозы (7,5 т/га) биологическая активность увеличивалась, высокой дозы (15 т/га) – снижалась (Пахненко Е.П., Ермаков А.В., Убугунов Л.Л., 2009).

Внесение ОСВ в дозах 3, 9, 27 т/га (Хабарова Т.В., Виноградов Д.В., Кочуров Б.И. и др., 2018) на деградированном агроземе приводило к повышению содержания в почве органического вещества на 0,40-0,57%, общего азота – на 0,01-0,06%, общего фосфора – на 1,8-11,1%, обменного калия на 5,1-33,2 мг/кг, биологической активности – на 9,4-11,2%.

В нашем опыте внесение в почву осадка сточных вод в дозах 25 и 50 т/га отрицательно сказалось на развитии проростков яровой пшеницы, поэтому агрохимические показатели определяли только в почве при внесении доз 3,5 и 5 т/га ОСВ.

Содержание гумуса в почве – показатель плодородия. В осадке сточных вод повышенное содержание гумуса – 7,7% (табл. 17). В почве

вегетационного опыта среднее содержание гумуса – 5,4%. Изменения в содержании гумуса при внесении осадка в дозах 3,5 и 5 т/га не значительные.

Таблица 17 – Влияние осадка сточных вод на агрохимические свойства
почвы

Показатели	Варианты			
	Почва (контроль)	ОСВ	Почва+ОСВ (3,5 т/га)	Почва+ОСВ (5,0 т/га)
Содержание гумуса, %	5,4	7,7	4,9	5,1
pH _{сол.}	6,5	5,4	6,4	6,4
Гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г	1,31	4,72	1,31	1,40
Сумма поглощенных оснований, мг-экв./100 г	25,6	4,3	24,2	23,0
Ёмкость поглощения, мг-экв./100 г	26,9	9,0	25,5	24,4
Степень насыщенности почв основаниями, %	95,2	47,8	94,9	94,3

Реакция среды оказывает сложное действие на условия питания растений, подвижность микроэлементов, активность микрофлоры, физико-химические свойства почвы. Кислотность почвы, определяемая в солевой вытяжке, называется обменной, обусловлена ионами водорода и алюминия. Результаты определения pH солевой вытяжки служат для характеристики степени кислотности почвы. Реакция среды осадка сточных вод слабокислая, почвы – нейтральная. При добавлении осадка к почве кислотность остается нейтральной.

Кислотность почвы, обусловленная менее подвижными ионами водорода, называется гидролитической. При обработке почвы ацетатом натрия в раствор переходят все содержащиеся в почве ионы водорода (и алюминия), т.е. определяется сумма всех видов кислотности (актуальная, обменная и гидролитическая) (Муравин, 2003). Поэтому под термином «гидролитическая кислотность» обозначают общую кислотность почвы.

Определяют ее для расчета емкости поглощения, установления доз извести, возможности эффективного применения фосфоритной муки. Общее количество способных к обмену поглощенных катионов называется емкостью поглощения. Величина емкости поглощения характеризует обменную поглотительную способность почвы. На почвах с низкой емкостью поглощения при внесении удобрений возможно вымывание питательных элементов и излишнее повышение концентрации раствора. Сумма поглощенных оснований, выраженная в процентах от емкости поглощения, называется степенью насыщенности почв основаниями. Она показывает, какая часть общей ёмкости поглощения приходится на поглощенные основания и какая на гидролитическую кислотность (Агрохимия, 1982). Данная величина – важный показатель для характеристики поглотительной способности и степени кислотности почвы.

У осадка сточных вод гидролитическая кислотность выше в 3,6 раза, а сумма поглощенных оснований меньше в 6 раз, емкость поглощения – в 3 раза, степень насыщенности почв основаниями – в 2 раза, чем в почве. Внесение осадка в дозах 3,5 и 5,0 т/га повлияло не существенно на агрохимические свойства темно серой лесной почвы. Показатели обменной кислотности, гидролитической кислотности, суммы обменных оснований, емкости поглощения, степени насыщенности основаниями незначительно снизились.

По результатам исследований авторы (Чеботарев Н.Т., Найденов Н.Д., Юдин А.А., 2016) сделали вывод, что ОСВ следует использовать только для удобрения растений непродовольственного назначения (газоны, цветники, питомники и др.).

Мы согласны с данными авторами и рекомендуем использовать ОСВ для повышения плодородия нарушенных земель в дозах не более 5 т/га, т.к. дозы 25 и 50 т/га по ряду показателей оказали существенное отрицательное действие на проростки тест-культуры.

В связи со значительным варьированием содержания ТМ в ОСВ необходимо проводить регулярный мониторинг их состава (Васенев И.И., Сюняев Н.К., Бадарч Б., 2010).

Для применения в качестве удобрений ОСВ должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Важно, чтобы в их составе не наблюдалось превышения содержания ТМ и патогенной микрофлоры.

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД С КОМПОНЕНТАМИ В ГРУНТАХ

По мнению авторов (Барановский И.Н., Подолян Е.А., 2017) ОСВ целесообразно использовать не в чистом виде, а в составе компостов и смесей. Компосты на основе ОСВ увеличивали содержания азота, подвижного фосфора, обменного калия (Чекаев Н.П., 2010). Способствуя накоплению гумуса, катионов кальция и магния, увеличили сумму обменных оснований в почвенно-поглощающем комплексе.

Компоненты для приготовления компостов с ОСВ используют разные. Н.Т. Чеботарев, Н.Д. Найденов, А.А. Юдин (2016) ОСВ компостируют с торфом, навозом и пометом. В опыте (Байбеков Р.Ф., Мерзлая Г.Е., Власова О.А., 2016) ОСВ компостируют с торфом в соотношении 1:1, вносили в дозах 2, 4, 6 т/га. При внесении компоста в дозе 6 т/га отмечена тенденция к увеличению содержания свинца в соломе и семенах льна долгунца. В конце опыта содержание подвижного фосфора увеличивалось, а подвижного калия – уменьшалось.

Но широкого распространения производство компостов с участием ОСВ пока не находит, т.к. необходима площадка для компостирования, завоз компонентов, перемешивание с наполнителями, достижение необходимой температуры (Барановский И.Н., Подолян Е.А., 2017).

Авторы (Барановский И.Н., Подолян Е.А., 2017) предлагают смешивать компоненты в процессе заделки в почву. Сначала вносят на поверхность почвы органический наполнитель (опилки, торф, солома, отходы очистки зерна и др.), затем равномерно разбрасывают ОСВ и сразу запахивают в почву. В опыте в качестве наполнителей использовали опилки, торф и солому. Соотношения ОСВ к компонентам изучали 1:1, 1:2, 1:3. Все смеси вызвали увеличение подвижных форм питательных веществ: аммонийного азота – на 3-6 мг/кг, нитратного азота – на 3-8 мг/кг, подвижных фосфатов – на 15-39 мг/кг, обменного калия – на 9-21 мг/кг почвы.

На взгляд авторов (Барановский И.Н., Подолян Е.А., 2017), смеси в процессе трансформации оказывали влияние на мобилизацию питательных веществ из почвенных запасов. Наибольшее количество ТМ перешло в почву при внесении смесей в соотношении 1:1. Содержание ТМ не превышало ПДК. Авторы рекомендуют смешивать ОСВ с органическими наполнителями в соотношении 1:2.

В своих исследованиях Ч. Дунсин, В.А. Касатиков и В.А. Раскатов (2005) готовили компост из ОСВ г. Владимира и викоовсяной смеси (ОРК) в соотношении 1:1. Доза ОСВ и ОРК 30 т/га. Достоверно снизились величины обменной и гидролитической кислотностей. Уровень гидролитической кислотности снизился на 5,4 и 8,5%, что обусловлено действием 2- и 3-валентных катионов, попадающих в почвенный раствор в процессе разложения ОСВ и ОРК. Сумма поглощенных катионов увеличилась на 8,5 и 7,5%. Содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы возрастало соответственно в 2,93 и 3,82 раза. Повышение обусловлено содержанием фосфора в ОСВ и ОРК, а также разложением удобрений в почве. Содержание обменного калия в почве после внесения ОСВ и ОРК снижалось. Объясняют авторы это тем, что в удобрениях низкое содержание калия и повышенный вынос возросшей биомассой ячменя.

Влияние ОСВ на агрохимические свойства почвы определяется качественным и количественным составом органического вещества, зольной части осадка, свойствами компонентов, используемых при производстве смесей (Касатиков В.А., Еськов А.И., Черников В.А. и др., 2003).

Предыдущий наш опыт показал, что внесение ОСВ в чистом виде в качестве органического удобрения может повысить содержание тяжелых металлов в растениях, угнетающее их развитие. ОСВ может быть пригоден для биологической рекультивации при смешивании с другими компонентами в составе грунтов. Перед нами стояла задача определить соотношение ОСВ Тюменских очистных сооружений с разными компонентами.

4.1 Влияние грунтов разного состава на растения

Вначале мы смешивали ОСВ с почвой (темно серая лесная) и торфом месторождения Тарманское. В качестве первого контроля была темно серая лесная почва, второй контроль – ОСВ.

На всех вариантах наблюдалось существенное снижение энергии прорастания на 21-71% по сравнению с контролем (табл. 18, прил. Е). Всхожесть существенно снизилась только при смешивании осадка с торфом в соотношении 3:1.

Таблица 18 – Влияние грунтов на посевные качества семян тест-культуры

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Почва пашни (контроль 1)	86	93
ОСВ (контроль 2)	55	97
ОСВ:торф (3:1)	40	86
Почва:ОСВ (3:1)	25	91
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	68	92
<i>НСР₀₅</i>	<i>11,1</i>	<i>6,2</i>

Число корешков существенно повысилось на всех изучаемых вариантах на 6-13%, кроме смеси осадка с торфом – снижение на 9% (табл. 19, прил. Ж). Осадок и смесь осадка с торфом особенно негативно повлияли на длину корневой системы, уменьшение составило 75 и 78%. Смесь почвы с торфом и осадком в соотношении 2:1:1 не оказала существенного действия на данный показатель. Существенно повысилась масса корневой системы при проращивании семян на смеси почвы с торфом и осадком (2:1:1) на 104%. На вариантах ОСВ и ОСВ:торф (3:1) данный показатель существенно снизился на 38 и 29% соответственно.

Таблица 19– Влияние грунтов на корневую систему тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г/сосуд
Почва пашни (контроль 1)	4,7	12,5	0,24
ОСВ (контроль 2)	5,3	3,2	0,15
ОСВ:торф (3:1)	4,3	2,8	0,17
Почва:ОСВ (3:1)	5,0	7,7	0,30
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	5,1	11,4	0,49
<i>HCP₀₅</i>	0,22	1,19	0,05

Положительно повлиял на длину растений только один грунт: смесь почва:торф:осадок – повышение на 4%, не различие с контролем не существенно (табл. 20, прил. 3). Существенно снизили данный показатель осадок и смесь осадка с торфом на 39 и 47% соответственно.

Осадок и смесь осадка с торфом понизили массу надземной части растений на 7 и 11%, но различие не существенно с контролем. Существенно повысилась масса растений на вариантах почва:осадок и почва:торф:осадок на 16 и 54%.

Таблица 20 – Влияние грунтов на надземную часть растений тест-культуры

Вариант	Длина растений, см	Масса растений, г/сосуд
Почва пашни (контроль 1)	17,7	1,89
ОСВ (контроль 2)	10,8	1,75
ОСВ:торф (3:1)	9,4	1,68
Почва:ОСВ (3:1)	15,5	2,20
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	18,4	2,92
<i>HCP₀₅</i>	2,6	0,24

Различие вариантов наглядно видно на рисунках 7, 8.



Рисунок 7 – Влияние грунтов на тест-культуру (на 7 сутки после посева): 1 – Почва пашни (контроль), 2 – ОСВ, 3 – ОСВ:торф (3:1), 4 – Почва:торф:ОСВ (2:1:1), 5 – Почва:ОСВ (3:1).



Рисунок 8 – Влияние грунтов на тест-культуру (на 14 сутки после посева): 1 – Почва пашни (контроль), 2 – ОСВ, 3 – ОСВ:торф (3:1), 4 – Почва:торф:ОСВ (2:1:1), 5 – Почва:ОСВ (3:1).

В следующем опыте изучали смешивание ОСВ с торфом (соотношение от 1 до 4), торфом и песком (соотношения 1:1:2, 1:1:3, 1:2:2). Существенное увеличение энергии прорастания семян яровой пшеницы на 5-22% по сравнению с контролем наблюдалось у 5 вариантов грунтов из 7 (табл. 21,

прил. И). На всхожесть семян изучаемые варианты грунтов не оказали значимого влияния.

Таблица 21 – Влияние осадка сточных вод в составе грунтов на посевные качества семян тест-культуры

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Почва пашни (контроль)	66,6	96,6
ОСВ:торф (1:1)	73,3	96,6
ОСВ:торф (1:2)	81,6	98,3
ОСВ:торф (1:3)	71,6	96,6
ОСВ:торф (1:4)	68,2	96,6
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	66,6	98,3
ОСВ:песок:торф (1:1:3)	69,9	94,9
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	71,6	98,3
<i>HCP₀₅</i>	2,7	1,3

По числу корешков существенно ниже контроля смеси осадка с торфом в соотношении 1:1 и 1:2 на 9 и 11% (табл. 22, прил. К). Особенно негативно смеси осадка с торфом в соотношении 1:1 и 1:2 повлияли на длину корневой системы, уменьшение составило 31 и 17% соответственно. Тяжелые металлы, содержащиеся в осадке с превышением ПДК, угнетали корневую систему растений. Увеличение длины корневой системы наблюдалось на смеси осадка с торфом в соотношении 1:4 и на грунте ОСВ:песок:торф (1:2:2) на 3% по сравнению с контролем. Снижение доли осадка в составе грунтов снимало отрицательное действие тяжелых металлов на растения.

Увеличение массы корневой системы происходило на всех вариантах, но различие с контролем не существенно. Наиболее значительно выше контроля этот показатель на варианте ОСВ:песок:торф в соотношении 1:2:2 – на 22%.

Таблица 22 – Влияние грунтов на корневую систему тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г/сосуд
Почва (контроль)	3,8	15,7	1,57
ОСВ:торф (1:1)	3,5	10,8	1,72
ОСВ:торф (1:2)	3,4	13,1	1,66
ОСВ:торф (1:3)	3,7	15,8	1,68
ОСВ:торф (1:4)	3,8	16,2	1,70
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	3,6	15,8	1,59
ОСВ:песок:торф (1:1:3)	3,8	15,4	1,61
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	3,7	16,2	1,91
<i>НСР₀₅</i>	<i>0,12</i>	<i>0,38</i>	<i>0,44</i>

На всех вариантах грунтов наблюдалось увеличение длины растений пшеницы, но прибавка к контролю существенна только у четырех вариантов: ОСВ+торф (1:1) – на 18%, ОСВ+торф (1:2), ОСВ+торф (1:4), ОСВ+песок+торф (1:1:2) – на 11% (табл. 23, прил. Л). Масса надземной части растений существенно увеличилась при смешивании осадка с торфом в соотношении 1:1 и 1:2 на 26 и 33% соответственно.

Таблица 23 – Влияние грунтов на надземную часть тест-культуры

Вариант	Длина растений, см	Масса растений, г/сосуд
Почва пашни (контроль)	22,4	2,86
ОСВ:торф (1:1)	26,5	3,60
ОСВ:торф (1:2)	24,9	3,80
ОСВ:торф (1:3)	23,5	2,93
ОСВ:торф (1:4)	24,9	2,95
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	24,8	2,94
ОСВ:песок:торф (1:1:3)	23,5	2,59
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	23,4	2,71
<i>НСР₀₅</i>	<i>2,3</i>	<i>0,53</i>

В 2017 г. компания Life Force Group объявила конкурс научно-исследовательских работ по оценке потенциала гуминовых продуктов для применения их в сельском хозяйстве и природоохранных технологиях на принципах органического, традиционного и интенсивного земледелия и предложила для тестирования два сухих гуминовых препарата из бурого угля. С препаратом Natural humic acids проведен вегетационный опыт по его смешиванию с ОСВ. Также в опыте изучали возможность смешивания ОСВ с сапропелем. В качестве контроля – темно серая лесная почва.

Энергия прорастания семян тест-культуры по сравнению с контролем существенно снизилась при смешивании с сапропелем на 23,3%, с ГП – на 30,0% (табл. 24). Всхожесть семян существенно ниже контроля в смеси ОСВ с ГП – на 8,3%.

Таблица 24 – Влияние грунтов на посевные качества семян тест-культуры, %

Вариант	Энергия прорастания	Всхожесть
Почва (контроль)	64,9	86,6
ОСВ:ГП (3:1)	34,9	78,3
ОСВ:сапропель (3:1)	41,6	83,3
НСР ₀₅	12,1	8,2

Грунты не оказали существенно влияния на число корешков, но существенно снизили длину корневой системы – на 48 и 49% (табл. 25). Также существенно снизилась и их масса – на 47 и 58%.

Таблица 25 – Влияние грунтов на корневую систему тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г
Почва (контроль)	4,1	16,6	0,19
ОСВ:ГП (3:1)	4,2	8,4	0,10
ОСВ:сапропель (3:1)	4,3	8,7	0,08
НСР ₀₅	0,28	1,38	0,013

Влияние грунтов на надземную часть растений тест-культуры в пределах ошибки опыта (табл. 26). Длина растений не существенно выше контроля, а масса наоборот – не существенно ниже контроля.

Таблица 26 – Влияние грунтов на надземную часть растений

Вариант	Длина растений, см	Масса растений, г
Почва (контроль)	231,7	1,13
ОСВ:ГП (3:1)	238,5	1,10
ОСВ:сапропель (3:1)	238,5	1,07
НСР ₀₅	17,04	0,18

Таким образом, смешивание ОСВ в соотношении 3:1 с гуминовым препаратом Natural humic acids и сапропелем не снизило негативное действие ОСВ на корневую систему растений (рис. 9). В дальнейшем изучении других соотношений ОСВ с этими компонентами не видим практического применения.



Рисунок 9 – Растения тест-культуры: 1 – почва (контроль); 2 – песок:сапропель (1:3); 3 – песок:сапропель (1:4); 4 – почва свалки+ГП; 5 – почва свалки+сапропель; 6 – ОСВ:ГП (3:1); 7– ОСВ:сапропель (3:1).

4.2 Влияние разного состава грунтов на содержание тяжелых металлов в почве и растениях

Валовое содержание ТМ в почве дает представление о потенциальной экологической опасности загрязнения. Для растений представляют опасность подвижные формы ТМ (Васенев И.И., Сюняев Н.К., Бадарч Б., 2010). При внесении ОСВ авторы наблюдали повышение содержания доступного свинца (в 1,4-4,1 раза) и кадмия (в 1,5-20,5 раз). При малой дозе ОСВ отмечали снижение подвижных форм цинка на 4%, при высокой дозе – возрастание в 2,7 раза.

Одни авторы в своих опытах (Рауэлиаривуни А.С., Васенев И.И., Касатиков В.А., Шабардина Н.П., 2013; Чеботарев Н.Т., Найденов Н.Д., Юдин А.А., 2016) устанавливали, что применение ОСВ в продукции превышало МДУ по содержанию цинка, свинца, кадмия, никеля и хрома в 1,1-15,0 раз. Другие авторы (Пахненко Е.П., Ермаков А.В., Убугунов Л.Л., 2009; Жигарева Ю.В., 2018) наблюдали увеличение содержания ТМ по сравнению с контролем, но значения были ниже МДУ.

Определение тяжелых металлов мы проводили только в 2 грунтах: худший и лучший варианты грунта по биометрическим показателям тест-культуры.

Содержание цинка в ОСВ превышало ПДК и ОДК: валовое содержание в 4,4 и 2,0 раза, содержание подвижных форм – в 13,6 и 5,3 раза соответственно (табл. 27). В почве валовое содержание составляло 0,6 ПДК и 0,3 ОДК, содержание подвижных форм – ниже ПДК в 6,1 раза. При смешивании осадка с торфом в соотношении 3:1 сохранялось значительное превышение ПДК и ОДК: валовое содержание – в 3,7 и 1,7 раза, содержание подвижных форм – 11,2 и 4,3 раза соответственно. Содержание цинка в наименьшей степени были в грунте почва:торф:ОСВ (2:1:1). Валовое содержание выше ПДК, но ниже ОДК, содержание подвижных форм выше – 3,3 ПДК и 1,3 ОДК. В корнях содержание цинка наблюдалось значительно выше, чем в растениях: контроль – в 1,8 раза, ОСВ – 6,9 раза, ОСВ:торф (3:1)

– 7,2 раза, Почва:торф:ОСВ (2:1:1) – 4,3 раза. В растениях содержание цинка на всех вариантах не превышало МДУ. Но больше всего данный металл содержался в растениях, выращенных на ОСВ, в меньшем количестве – на контроле.

Таблица 27 – Содержание цинка в грунтах и растениях, мг/кг

Вариант	Грунты		Растения	Корни
	Валовое содержание	Подвижные формы		
Почва (контроль 1)	65,8	3,8	24,7	44,3
ОСВ (контроль 2)	435,1	313,7	36,8	255,4
ОСВ:торф (3:1)	371,7	258,7	30,5	220,0
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	120,1	76,8	29,0	123,4
<i>ПДК (МДУ)</i>	<i>100</i>	<i>23</i>	<i>50</i>	
<i>ОДК</i>	<i>220</i>	<i>60</i>		

Валовое содержание меди превышало ПДК в ОСВ и при его смешивании с торфом в соотношении 3:1, но данные значения не превышали ОДК (табл. 28). Аналогичная картина по содержанию подвижных форм. Ниже ПДК содержание меди на контроле и при смешивании ОСВ с почвой и торфом. В корнях содержание меди на всех вариантах с ОСВ превышало контроль в 3,2-3,3 раза. В растениях меди содержалось ниже МДУ в 3,8-4,1 раза. Различия между контролем и вариантами не значительные.

Таблица 28 – Содержание меди в грунтах и растениях, мг/кг

Вариант	Грунты		Растения	Корни
	Валовое содержание	Подвижные формы		
Почва (контроль 1)	15,1	0,3	7,4	10,9
ОСВ (контроль 2)	75,6	4,6	7,4	36,3
ОСВ:торф (3:1)	58,5	3,4	7,3	34,3
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	19,8	0,7	8,0	35,2
<i>ПДК (МДУ)</i>	<i>55</i>	<i>3</i>	<i>30</i>	
<i>ОДК</i>	<i>132</i>	<i>50</i>		

Свинец превышал ПДК только по валовому содержанию в ОСВ и при смешивании с торфом (табл. 29), но не превышал ОДК.

Таблица 29 – Содержание свинца в грунтах и растениях, мг/кг

Вариант	Грунты		Растения	Корни
	Валовое содержание	Подвижные формы		
Почва (контроль 1)	21,3	0,5	20,3	17,2
ОСВ (контроль 2)	37,5	1,7	13,0	22,2
ОСВ:торф (3:1)	34,9	1,5	10,2	21,4
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	26,6	0,8	28,8	22,7
<i>ПДК (МДУ)</i>	<i>32</i>	<i>6</i>	<i>5</i>	
<i>ОДК</i>	<i>130</i>	<i>60</i>		

Содержание подвижных форм свинца многократно ниже ПДК. Но в растениях его находилось на контролях и грунтах в количестве, превышающем МДУ в 2,6-5,8 раза.

Валовое содержание кадмия в ОСВ и при его смешивании с компонентами превышало ПДК на 25-70% (табл. 30). Незначительно превышало ПДК содержание подвижных форм свинца в ОСВ и при смешивании с торфом. В растениях содержание кадмия превышало МДУ на всех вариантах – в 4,0-6,3 раза.

Таблица 30 – Содержание кадмия в грунтах и растениях, мг/кг

Вариант	Грунты		Растения	Корни
	Валовое содержание	Подвижные формы		
Почва (контроль 1)	1,5	0,1	1,8	1,6
ОСВ (контроль 2)	3,3	1,4	1,9	2,8
ОСВ:торф (3:1)	3,4	1,2	1,2	2,5
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	2,5	0,4	1,3	2,4
<i>ПДК (МДУ)</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>0,3</i>	
<i>ОДК</i>	<i>2</i>	<i>1</i>		

Содержание никеля на всех вариантах значительно ниже ПДК (табл. 31). В растениях он не обнаружен.

Таблица 31 – Содержание никеля в грунтах и растениях, мг/кг

Вариант	Грунты		Растения	Корни
	Валовое содержание	Подвижные формы		
Почва (контроль 1)	17,9	1,3	н.о	8,0
ОСВ (контроль 2)	27,4	3,3	н.о	10,4
ОСВ:торф (3:1)	15,8	2,8	н.о	12,5
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	6,7	1,6	н.о	10,7
<i>ПДК (МДУ)</i>	85	4	3	
<i>ОДК</i>	80	36		

Хром в почве, ОСВ и грунтах находился в малом количестве, но в растениях его содержание превышало МДУ (табл. 32).

Таблица 32 – Содержание хрома в грунтах и растениях, мг/кг

Вариант	Грунты		Растения	Корни
	Валовое содержание	Подвижные формы		
Почва (контроль 1)	27,2	0,2	н.о.	14,2
ОСВ (контроль 2)	31,7	0,6	4,6	20,2
ОСВ:торф (3:1)	28,2	0,6	1,3	23,2
Почва:торф:ОСВ (2:1:1)	19,9	0,4	1,1	18,0
<i>ПДК (МДУ)</i>	100	6	0,5	
<i>ОДК</i>		15		

На содержание цинка, кадмия, меди и свинца в грунтах и растениях из второго вегетационного опыта нами были исследованы три варианта выделившиеся по влиянию на тест-культуру. В грунтах определяли подвижные формы.

Содержание цинка превышало контроль при смешивании ОСВ с компонентами на 40-110%, в растениях – на 6-84% (табл. 33). Но эти значения значительно ниже ПДК и МДУ. Больше всего содержалось свинца при смешивании ОСВ с торфом в соотношении 1:4.

Таблица 33 – Содержание цинка в грунтах и растениях, мг/кг

Вариант	Грунты	Растения	Корни
Почва (контроль 1)	8,9	9,8	17,5
ОСВ:торф (1:4)	18,7	18,0	19,0
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	15,1	10,4	22,4
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	12,5	17,1	14,5
<i>ПДК (МДУ)</i>	<i>23</i>	<i>50</i>	-
<i>ОДК</i>	<i>60</i>	-	-

Кадмия на контроле и в грунтах, а также в растениях содержалось значительно ниже ПДК и МДУ (табл. 34).

Таблица 34 – Содержание кадмия в грунтах и растениях, мг/кг

Вариант	Грунты	Растения	Корни
Почва (контроль)	<0,1	0,13	<0,1
ОСВ:торф (1:4)	<0,1	0,08	0,35
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	<0,1	0,08	0,58
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	<0,1	0,23	0,14
<i>ПДК (МДУ)</i>	<i>1</i>	<i>0,3</i>	-
<i>ОДК</i>	<i>1</i>	-	-

Содержание меди в грунтах превышало контроль на 19-48% (табл. 35), но показатели ниже ПДК. В растениях наоборот медь преобладает в растениях тест-культуры, выращенных на почве.

Таблица 35 – Содержание меди в грунтах и растениях, мг/кг

Вариант	Грунты	Растения	Корни
Почва (контроль)	0,89	5,68	9,43
ОСВ:торф (1:4)	1,32	5,60	7,40
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	1,06	4,15	5,65
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	1,21	2,35	4,73
<i>ПДК (МДУ)</i>	<i>3</i>	<i>30</i>	-
<i>ОДК</i>	<i>50</i>	-	-

Содержание свинца в грунтах значительно ниже ПДК, но выше контроля на 24-45% (табл. 36). Больше всего свинца при смешивании ОСВ с песком и торфом в соотношении 1:2:2. В растениях содержание свинца ниже определения.

Таблица 36 – Содержание свинца в грунтах и растениях, мг/кг

Вариант	Грунты	Растения	Корни
Почва (контроль)	1,13	<0,1	<0,1
ОСВ:торф (1:4)	1,40	<0,1	<0,1
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	1,64	<0,1	<0,1
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	1,44	<0,1	<0,1
<i>ПДК (МДУ)</i>	<i>6</i>	<i>5</i>	-
<i>ОДК</i>	<i>60</i>	-	-

В первом опыте осадок и смесь осадка с торфом превышали ПДК по содержанию валовых и подвижных форм цинка, меди, свинца и кадмия. Все изучаемые варианты не превышали ПДК по содержанию никеля и хрома. В растениях, выращенных на почве и изучаемых грунтах, наблюдалось превышение МДУ по содержанию свинца, кадмия и хрома.

Коэффициент биологического поглощения показал, что цинк, медь, никель и хром в большей степени поглощались корнями (табл. 37). Преобладало поглощение корнями по свинцу на вариантах ОСВ и ОСВ:торф (3:1), по кадмию – на всех вариантах, кроме контроля.

Таблица 37 – Коэффициент биологического поглощения (КБП)

ТМ	Объект	Вариант			
		Почва (контроль)	ОСВ	ОСВ :торф (3:1)	Почва:торф:ОСВ
Цинк	Корни	0,67	0,59	0,59	1,03
	Растения	0,38	0,08	0,08	0,24
Медь	Корни	0,72	0,48	0,59	1,78
	Растения	0,49	0,10	0,12	0,40
Свинец	Корни	0,81	0,59	0,61	0,85
	Растения	0,95	0,50	0,29	1,08
Никель	Корни	0,45	0,38	0,79	1,60
	Растения	0	0	0	0
Хром	Корни	0,52	0,64	0,82	0,90
	Растения	0	0,14	0,05	0,06
Кадмий	Корни	1,07	0,85	0,74	0,96
	Растения	1,20	0,58	0,35	0,52

В корнях растений, выращенных на почве и грунтах, наблюдалось различие по биологическому поглощению ТМ. Максимальный коэффициент поглощения в корнях на почве и ОСВ отмечен по кадмию, при смешивании ОСВ с торфом (3:1) – по хрому, на грунте почва:торф:ОСВ (2:1:1) – по меди. Трехкомпонентный грунт превышал контроль по поглощению цинка, меди, никеля и хрома – на 53,7, 47,2, 255,6 и 73,1% соответственно, на уровне контроля – по свинцу, ниже контроля на 10,3% – по кадмию.

Биологическое накопление в корнях значительно преобладало по сравнению с вегетативной массой растений по цинку, меди, никелю и хрому (табл. 38). Накопление свинца в растениях преобладало над корнями на вариантах: почва (контроль) и почва:торф:ОСВ (2:1:1); кадмия – только на контроле.

Таблица 38 – Коэффициент биологического накопления (Кн)

ТМ	Объект	Вариант			
		Почва (контроль)	ОСВ	ОСВ :торф (3:1)	Почва:торф:ОСВ (2:1:1)
Цинк	Корни	11,66	0,81	0,85	1,61
	Растения	6,50	0,12	0,12	0,38
Медь	Корни	36,33	7,89	10,09	50,28
	Растения	24,67	1,61	2,15	11,43
Свинец	Корни	34,40	13,06	14,27	28,38
	Растения	40,60	7,65	6,80	36,00
Никель	Корни	6,15	3,15	4,46	6,69
	Растения	0	0	0	0
Хром	Корни	71,00	33,67	38,67	45,00
	Растения	0	7,67	2,17	2,75
Кадмий	Корни	16,00	2,00	2,08	6,00
	Растения	18,00	1,36	1,00	3,25

Наибольшее накопление на контроле (почва) в корнях наблюдалось по цинку, свинцу, хрому и кадмию, в растениях – по цинку, меди, свинцу и кадмию. По коэффициенту биологического накопления меди и никеля в корнях преобладал трёхкомпонентный грунт, в растениях по хрому – ОСВ. Никель в растениях не обнаружен.

В опыте с другими грунтами никель и хром не определяли, т.к. содержание никеля в растениях не установлено, а хром находится в незначительном количестве. И в почве и грунтах определяли содержание подвижных форм ТМ, поэтому рассчитан только коэффициент биологического накопления.

В корнях растений максимальный Кн наблюдался в почве (контроль) по цинку, меди и свинцу, в грунте ОСВ:песок:торф (1:2:2) – по кадмию (табл. 39). В вегетативной массе растений Кн преобладал по меди и свинцу на почве (контроль), по цинку и кадмию – на грунте ОСВ:песок:торф (1:1:2).

Для предотвращения загрязнения рекультивируемых территорий тяжелыми металлами можно рекомендовать смешивать осадок сточных вод с

иловых площадок с торфом в соотношении 1:4 и с песком и торфом в соотношении 1:1:2 и 1:2:2.

Таблица 39 – Коэффициент биологического накопления (К_н)

ТМ	Объект	Вариант			
		Почва (контроль)	ОСВ:торф (1:4)	ОСВ:песок:торф (1:2:2)	ОСВ:песок:торф (1:1:2)
Цинк	Корни	2,01	1,02	1,48	1,16
	Растения	1,10	0,96	0,69	1,37
Медь	Корни	10,60	5,61	5,33	3,91
	Растения	6,38	4,24	3,92	1,94
Свинец	Корни	0,09	0,07	0,06	0,07
	Растения	0,09	0,07	0,06	0,07
Кадмий	Корни	1,00	3,50	5,80	1,40
	Растения	1,30	0,80	0,80	2,30

4.3 Влияние компонентов на агрохимические свойства грунтов

При смешивании осадка с торфом содержание гумуса почти на уровне осадка. При смешивании почвы с осадком и торфом в соотношении 2:1:1 содержание гумуса повышалось на 14,8% (табл. 40).

Таблица 40 – Агрохимические показатели грунтов

Показатели	Вариант			
	Почва	ОСВ	ОСВ:торф (3:1)	Почва:торф:ОСВ (2:1:1)
Содержание гумуса, %	5,4	7,7	7,5	6,2
pH _{сол.}	6,5	5,4	5,7	6,1
Гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г	1,31	4,72	4,55	2,10
Сумма поглощенных оснований, мг-экв./100 г	25,6	4,3	3,1	7,2
Ёмкость поглощения, мг-экв./100 г	26,9	9,0	7,7	9,3
Степень насыщенности почв основаниями, %	95,2	47,8	40,3	77,4

Реакция среды оказывает сложное действие на условия питания растений, подвижность микроэлементов, активность микрофлоры, физико-химические свойства почвы. Кислотность почвы, определяемая в солевой вытяжке, называется обменной, обусловлена ионами водорода и алюминия. Результаты определения pH солевой вытяжки служат для характеристики степени кислотности почвы. Кислотность осадка сточных вод слабая, почвы – нейтральная. При добавлении осадка к почве кислотность остается нейтральной.

Кислотность почвы, обусловленная менее подвижными ионами водорода, называется гидролитической. При обработке почвы ацетатом натрия в раствор переходят все содержащиеся в почве ионы водорода (и алюминия), т.е. определяется сумма всех видов кислотности (актуальная, обменная и гидролитическая) (Муравин, 2003). Поэтому под термином «гидролитическая кислотность» обозначают общую кислотность почвы. Определяют ее для расчета емкости поглощения, установления доз извести, возможности эффективного применения фосфоритной муки. Общее количество способных к обмену поглощенных катионов называется емкостью поглощения. Величина емкости поглощения характеризует обменную поглотительную способность почвы. На почвах с низкой емкостью поглощения при внесении удобрений возможно вымывание питательных элементов и излишнее повышение концентрации раствора. Сумма поглощенных оснований, выраженная в процентах от емкости поглощения, называется степенью насыщенности почв основаниями. Она показывает, какая часть общей ёмкости поглощения приходится на поглощенные основания и какая на гидролитическую кислотность (Агрохимия, 1982). Данная величина – важный показатель для характеристики поглотительной способности и степени кислотности почвы.

У осадка сточных вод гидролитическая кислотность выше в 3,6 раза, а сумма поглощенных оснований меньше в 6 раз, емкость поглощения – в 3 раза, степень насыщенности почв основаниями – в 2 раза, чем в почве.

Смешивание осадка с торфом ухудшает еще в большей степени обменную поглотительную способность. Добавление почвы к смеси осадка с торфом улучшает показатели, но они значительно ниже, чем в почве.

Для применения ОСВ в составе грунтов при биологической рекультивации можно рекомендовать смешивать осадок сточных вод с иловых площадок с почвой и торфом в соотношении 1:2:1, с торфом в соотношении 1:4 и с песком и торфом в соотношении 1:1:2 и 1:2:2.

5 РАЗРАБОТКА ГРУНТОВ НА ОСНОВЕ САПРОПЕЛЯ

Сапропель – илообразное природное органическое вещество, образованное путем отложения на дно пресноводных водоемов отмирающих растений и микроорганизмов с ограниченным доступом кислорода. Это высокоэффективное экологически чистое органо-минеральное удобрение, представляющее собой отложение пресноводных водоемов, содержащее биохимически ценные микроэлементы и микроорганизмы различных физиологических групп. В составе сапропеля имеются все питательные вещества, необходимые для роста и развития растений.

Сформированный природными физико-химическими процессами, происходящими в водоеме на протяжении десятков тысяч лет, состав сапропелей определяет его качественную и агрономическую оценку, как сырья, используемого человечеством в качестве удобрений, мелиорантов (рекультивантов), почвообразователей.

Сапропелевое удобрение способствует мобилизации почвенного состава, приводит к самоочищению от болезнетворных грибов и микроорганизмов.

Сапропелевое удобрение богато витаминами группы В (В₁, В₁₂, В₃, В₆), Е, С, D, Р, каротиноидами, многими ферментами (каталазами, пероксидазами, редуктазами, протеазами) (Бычев, 2014).

Сапропели имеют различный химический состав и широко используются как сырье для получения экологически чистых удобрений различного назначения. Такие удобрения содержат комплекс органических и минеральных веществ, соединения азота, фосфора, калия, серы, меди, бора, молибдена и других микроэлементов. В составе органической части сапропелей имеются биологически активные вещества – гуминовые кислоты, витамины. Важнейшие характеристики сапропеля как удобрения – уровень зольности и кислотности, содержание кремния, железа, серы, карбонатов, кальция и т.д.

В соответствии с этим сапропели используются для производства органических, органоминеральных и известковых удобрений, могут применяться в смеси с навозом, различными отходами, минеральными удобрениями.

Минеральная часть сапропеля, представляющая собой основную составляющую сапропелевого удобрения, содержит большое количество микроэлементов: Co, Mn, Cu, B, Zn, Br, Mo, V, Cr, Be, Ni, Ag, Sn, Pb, As, Ba, Sr, Ti. По сравнению с торфом и торфонавозными компостами, органическая масса сапропелевого удобрения отличается более высоким содержанием гидролизуемых веществ, таких, как аминокислоты, углеводы широкого спектра, гемицеллюлоза и азотосодержащие соединения.

По результатам лабораторных и натурных исследований, проводившихся в течении ряда лет в России, Белоруссии и Латвии было практически обосновано внесение сапропеля на легких, песчаных и каменистых почвах, на землях, перенасыщенных минеральными удобрениями, а также на орошаемых землях (Захаров И.Г., 2007).

Урожайность сельскохозяйственных культур после внесения в почву сапропеля как натурального биостимулятора роста растений увеличивается на 27-50% (Плотников А., Башмакова Е., Канашова Е.Е., 2016).

Наибольшая урожайность зерновых получена при внесении сапропеля в норме 120-145 т/га и равна 28,2 ц/га при урожайности на варианте без удобрений 19,0 ц/га. Внесение сапропеля в пахотный слой дает повышение урожайности картофеля. Наибольшая эффективность данного вида удобрений доказана Центром по сапропелю на почвах с высоким содержанием подвижного фосфора и обменного калия. Прибавка к контролю составляет в среднем за год 46% или 100 ц/га при урожайности на контроле 218 ц/га. Доза внесения сапропеля составила от 42 до 148 т/га и 200-214 т/га (Зельтина Н., 1997).

При кислой почве с содержанием гумуса 3,0-3,5%, с низкими запасами азота и со средней обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия,

наоборот, более эффективны невысокие нормы сапропеля от 90 до 120 т/га. Причем действие сапропеля на урожайность клубней картофеля в названных нормах аналогично действию минеральных удобрений в повышенной норме N90P120K180. При урожайности 228 ц/га на контроле прибавка от сапропеля составила 24-30 ц/га или 10-13%, а от полного минерального удобрения 36 ц/га или 16% (Зельтина Н., 1997).

Сапропель как удобрение эффективно применяется в количестве 30-40 т/га под зерновые культуры и 50-100 т/га под пропашные и овощные.

Способы заделки сапропеля также значительно влияют на агрохимические показатели почвы в пахотном горизонте. При поверхностной заделке внесения сапропелевого удобрения отмечается возрастание содержания гумуса с 3,2% до 5,0%. При этом идет наиболее активная минерализация органики и насыщение пахотного слоя подвижными формами фосфора и обменного калия. В клубнях картофеля повышалось содержание фосфора, калия, магния и крахмала (Николайкин Н.Ш., 2006).

Сапропель, как удобрение, вносится в почву механическим или ручным способом. Различают площадное и точечное внесение в почву сапропелевого удобрения. Наиболее удобной формой на больших площадях является механизированное площадное внесение гранулированного сапропеля в почву совместно с посадочным материалом. Для частного использования и для выращивания цветочной, овощной продукции целесообразно использовать точечное внесение удобрений при посадке и в процессе созревания.

При внесении сапропеля «вразброс» по площади перед вспашкой потеря азота не наблюдается даже при длительной задержке пахоты, сапропель обладает длительным полезным последствием равным, минимум, 3-4 годам, при дозах внесения 15-20 кг/м² срок действия сапропеля прослеживается до 14 лет (Иванова Е.В., 1997).

Сапропель при внесении в почву улучшает ее механическую структуру, влагопоглощающую и влагоудерживающую способность, на 2-3 год дает увеличение в почве гумуса, активизирует почвенные процессы; благодаря

медленной растворимости действующих в сапропеле веществ обеспечивается сбалансированное питание растений всеми элементами питания.

Нами были проведены исследования по определению оптимальных соотношений сапропеля с торфом и песком для биологической рекультивации нарушенных земель.

5.1 Определение оптимальных соотношений компонентов

Энергия прорастания семян тест-культуры на всех изучаемых вариантах грунтов существенно выше контроля №1 на 10-25%. Показатель существенно ниже контролей №2 и 3 только у грунта песок:сапропель (1:3). По отношению к этим контролям можно выделить два грунта: торф:сапропель (2:1) и торф:песок:сапропель (1:1:3) (табл. 41, прил. М).

Таблица 41 – Влияние грунтов с сапропелем на посевные качества семян тест-культуры

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Почва пашни (контроль №1)	64,9	86,6
Торф (контроль №2)	83,3	98,3
Сапропель (контроль №3)	89,9	100,0
Торф:сапропель (1:1,5)	81,6	89,9
Торф:сапропель (2:1)	89,9	100,0
Торф:сапропель (1:3)	81,6	91,6
Торф:сапропель (1:4)	81,6	98,3
Песок: сапропель (1:3)	74,9	96,6
Песок: сапропель (1:4)	81,6	94,9
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	85,0	98,3
НСР ₀₅	6,5	4,7

Всхожесть семян на всех изучаемых грунтах так же, как и энергия прорастания, существенно выше контроля №1 – на 5-13%. По всхожести в опыте существенно ниже 1 и 2 контроля смеси торфа с сапропелем в соотношении 1:1,5 и 1:3 – на 6,7 и 8,5% соответственно, в остальных вариантах различия не существенны.

По числу корешков существенно выше трёх контролей варианты грунтов: песок:сапропель (1:3) и торф:песок:сапропель (1:1:3), увеличение составило 5-7% (табл. 42, прил. Н-О).

Таблица 42 – Влияние соотношения компонентов на корневую систему
тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г
Почва пашни (контроль №1)	4,1	16,0	0,19
Торф (контроль №2)	4,2	18,1	0,28
Сапропель (контроль №3)	4,2	20,5	0,33
Торф:сапропель (1:1,5)	4,1	17,0	0,27
Торф:сапропель (2:1)	4,2	17,8	0,28
Торф:сапропель (1:3)	4,1	17,5	0,27
Торф:сапропель(1:4)	4,3	23,4	0,35
Песок:сапропель (1:3)	4,4	24,8	0,39
Песок:сапропель (1:4)	4,3	24,7	0,41
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	4,4	23,1	0,36
НСР ₀₅	0,21	0,79	0,11

Проростки на всех изучаемых вариантах по длине корневой системы существенно превышали контроль №1 – на 6-55%. Самое существенное увеличение длины корневой системы по сравнению с контролем №2 и

контролем №3 наблюдалось на смеси торфа с сапрпелью (1:4), смеси песка с сапрпелью в соотношениях 1:3 и 1:4, на грунте торф:песок:сапрпель (1:1:3).

Масса корневой системы выше трёх контролей на вариантах грунтов: торф:сапрпель (1:4), песок с сапрпелью в соотношениях 1:3 и 1:4, торф:песок:сапрпель (1:1:3). Различие существенно только с контролем №1 – 84-116%.

По длине растений существенно выше контроля №1 варианты грунтов: торф:сапрпель (1:4) и торф:песок:сапрпель (1:1:3) – на 6% (табл. 43, прил. П). Но различие их с контролями №2 и 3 не существенно. Варианты смеси торфа с сапрпелью в соотношениях (1:1,5; 2:1; 1:3) существенно снизили длину растений по отношению ко всем трём контролям.

Таблица 43 – Влияние соотношения компонентов на надземную часть растений тест-культуры

Вариант	Длина растений, см	Масса растений, г
Почва пашни (контроль №1)	23,2	1,13
Торф (контроль №2)	24,7	1,35
Сапрпель (контроль №3)	25,5	1,45
Торф:сапрпель (1:1,5)	22,0	1,31
Торф:сапрпель (2:1)	21,7	1,35
Торф:сапрпель (1:3)	21,7	1,30
Торф:сапрпель (1:4)	24,6	1,31
Песок: сапрпель (1:3)	23,4	1,24
Песок: сапрпель (1:4)	23,8	1,26
Торф:песок:сапрпель (1:1:3)	24,6	1,48
НСР ₀₅	1,18	0,15

На всех вариантах грунтов масса проростков выше контроля №1 на 10-31%. Различие не существенно при смешивании сапропеля с песком. Но проростки на этих двух вариантах имели массу меньше контролей №2 и 3.

Фото растений тест-культуры представлено на рисунках 10 и 11.



Рисунок 10 – Растения тест-культуры:

1 – торф (контроль 1), 2 – сапропель (контроль 2), 3 – торф:сапропель (1:1,5), 4 – торф:сапропель (2:1), 5 – торф:сапропель (1:3), 6 – торф:сапропель (1:4), 7 – торф:песок:сапропель (1:1:3).



Рисунок 11 – Растения тест-культуры:

1 – почва контроль; 2 – песок:сапропель (1:3); 3 – песок:сапропель (1:4).

К выделившимся вариантам грунтов был добавлен препарат Росток в дозе 50 мл на 500 г грунта. На энергию прорастания препарат Росток оказал

существенное влияние на грунте песок:сапропель (1:3) – увеличение на 20% (относит.). На двух других грунтах различие между вариантами с добавлением Ростка и без него не существенное. Всхожесть при добавлении Ростка увеличилась только на грунте песок:сапропель (1:3) – увеличение на 4% (относит.) (табл. 44, прил. Р).

Таблица 44 – Влияние гуминового препарата в составе грунтов на посевные качества семян тест-культуры

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Почва (контроль)	64,9	86,6
Песок:сапропель (1:3)	74,9	96,6
Песок:сапропель (1:3)+Росток	89,9	100,0
Торф:сапропель (1:4)	84,9	98,3
Торф:сапропель (1:4)+Росток	81,6	98,3
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	89,9	98,3
Торф:песок:сапропель (1:1:3)+Росток	84,9	100,0
НСР ₀₅	4,5	2,3

Число корешков при добавлении Ростка в грунты существенно не изменилось (табл. 45, прил. С).

Длина корневой системы при добавлении Ростка во всех грунтах увеличилась, существенное различие по отношению к грунтам без стимулятора наблюдалось при смешивании торфа с сапропелем и в трехкомпонентной смеси на 1,2 и 1,6 см соответственно. Масса корневой системы увеличилась при добавлении Ростка, но различие с вариантами без него не существенное.

Таблица 45 – Влияние гуминового препарата в составе грунтов на корневую систему растений тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г
Почва (контроль)	4,1	16,0	0,19
Песок:сапропель (1:3)	4,4	24,8	0,39
Песок:сапропель (1:3)+Росток	4,4	25,2	0,41
Торф:сапропель (1:4)	4,3	23,4	0,35
Торф:сапропель (1:4)+Росток	4,4	24,6	0,39
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	4,4	23,1	0,36
Торф:песок:сапропель (1:1:3)+Росток	4,4	24,7	0,41
НСР ₀₅	0,18	0,49	0,19

Длина растений на всех грунтах при добавлении препарата Росток существенно увеличилась на 5%. Масса проростков существенно увеличилась только при добавлении препарата Росток в грунт песок:сапропель (1:3) на 6% (табл. 46, прил. Т). Все грунты при добавлении Ростка превышали контроль (рис. 12).

Таблица 46 – Влияние гуминового препарата в составе грунтов на надземную часть растений тест-культуры

Вариант	Длина растений, см	Масса растений, г
Почва (контроль)	23,2	1,13
Песок:сапропель (1:3)	23,4	1,24
Песок:сапропель (1:3)+Росток	24,6	1,31
Торф:сапропель (1:4)	24,6	1,31
Торф:сапропель (1:4)+Росток	25,6	1,33
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	24,6	1,48
Торф:песок:сапропель (1:1:3)+Росток	25,9	1,48
НСР ₀₅	0,98	0,06



Рисунок 12 – Растения тест-культуры:

1 – почва пашни (контроль); 2 – торф:песок:сапрпель (1:1:3)+Росток;
3 – песок:сапрпель (1:3)+Росток; 4 – торф:сапрпель (1:4)+Росток

Продолжили опыты по поиску оптимальной дозы препарата Росток для добавления в сапрпель. Препарат Росток добавляли в дозах 1, 5, 10, 25 мл на 500 г сапрпеля. С внесением гуминового препарата Росток энергия прорастания семян тест-культуры на всех вариантах существенно выше контроля на 6,6-20,0%; всхожесть семян – на 6,7-26,7% (табл. 47, прил. У).

Таблица 47 – Влияние дозы препарата Росток на посевные качества семян тест-культуры

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Контроль (сапрпель)	37,8	64,4
Сапрпель+Росток (25 мл)	53,3	84,4
Сапрпель+Росток (10 мл)	44,4	71,1
Сапрпель+Росток (5 мл)	51,1	77,8
Сапрпель+Росток (1 мл)	57,8	91,1
НСР ₀₅	7,8	9,8

По числу корешков все варианты выше контроля, существенно выше контроля вариант с дозой Роста 1 мл на 28% (табл. 48, прил. Ф). По длине корневой системы существенно превышал контроль этот же вариант – на 38%. По массе корневой системы все изучаемые варианты были выше контроля, максимальная прибавка на варианте сапропель+Росток (1 мл) на 100%.

Таблица 48 – Влияние дозы препарата Росток на корневую систему
тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г
Контроль (сапропель)	4,0	12,9	0,53
Сапропель+Росток (25 мл)	4,7	16,7	0,91
Сапропель+Росток (10 мл)	4,6	16,4	0,92
Сапропель+Росток (5 мл)	4,9	16,3	0,93
Сапропель+Росток (1 мл)	5,1	17,8	1,06
НСР ₀₅	0,37	1,79	0,09

По биометрическим показателям надземной части растений можно выделить вариант с внесением Роста в дозе 1 мл, превышение контроля по длине и массе составило 80 и 143% соответственно (табл. 49, прил. Х).

Таблица 49 – Влияние дозы препарата Росток на надземную часть растений
тест-культуры

Вариант	Длина растений, см	Масса растений, г
Контроль (сапропель)	13,6	0,77
Сапропель+Росток (25 мл)	23,0	1,19
Сапропель+Росток (10 мл)	22,8	1,31
Сапропель+Росток (5 мл)	22,2	1,50
Сапропель+Росток (1 мл)	24,5	1,87
НСР ₀₅	5,19	0,21

На основании результатов опытов было принято решение провести опыт с добавлением в изученные ранее грунты препарата Росток (1 мл на 500 г сапропеля). Энергия прорастания и всхожесть семян тест-культуры на всех грунтах существенно выше контроля на 16,7-25,0% и 11,7-13,4% соответственно (табл. 50, прил. Ч).

Таблица 50 – Влияние грунтов на посевные качества семян тест-культуры

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Почва пашни (контроль)	64,9	86,6
Грунт состав 1 (сапропель+Росток)	89,9	100,0
Грунт состав 2 (торф:сапропель (2:1)+Росток)	89,9	100,0
Грунт состав 3 (песок:сапропель (1:3)+Росток)	89,9	100,0
Грунт состав 4 (торф:песок:сапропель (1:1:3)+Росток)	85,0	98,3
Грунт состав 5 (торф:сапропель (1:4)+Росток)	81,6	98,3
НСР ₀₅	6,5	4,7

По числу корешков существенно выше контроля грунты составов 3 и 4, увеличение составило 7% (табл. 51, прил. Ш-Щ).

Таблица 51 – Влияние грунтов на корневую систему тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г
Почва пашни (контроль)	4,1	16,0	0,19
Грунт состав 1	4,2	20,5	0,33
Грунт состав 2	4,2	17,8	0,28
Грунт состав 3	4,4	24,6	0,41
Грунт состав 4	4,4	23,1	0,36
Грунт состав 5	4,3	23,4	0,35
НСР ₀₅	0,21	0,79	0,11

Проростки на всех вариантах по длине корневой системы существенно превышали контроль – на 11-54%. Самое значительное увеличение длины корневой системы по сравнению с почвой пашни наблюдалось при выращивании тест-культуры на грунте составов 3, 4 и 5. Масса корневой системы растений на всех вариантах выше контроля на 47-116%. Различие незначительно с контролем только у грунта состава 2.

Длина растений тест-культуры существенно выше контроля у грунта составов 1, 3, 4 и 5 на 6-10% (табл. 52, прил. Э).

Таблица 52 – Влияние грунтов на растения тест-культуры

Вариант	Длина растений, см	Масса растений, г
Почва пашни (контроль)	23,2	1,13
Грунт состав 1	25,5	1,45
Грунт состав 2	21,7	1,35
Грунт состав 3	24,6	1,31
Грунт состав 4	24,6	1,48
Грунт состав 5	24,7	1,31
НСР ₀₅	1,2	0,15

На грунте состава 2 высота растений ниже контроля на 6%, но масса растений существенно больше, чем на контроле – на 19%. На остальных грунтах масса растений также превышала контроль – на 16-31%.

Преимущество грунтов всех марок по отношению к почве пашни наглядно видно на рисунке 13.



Рисунок 13 – Растения тест-культуры: 1 – состав 3, 2 – состав 1, 3 – Состав 2, 4 – почва пашни (контроль), 5 – состав 5, 6 – состав 4.

В вегетационном опыте изучались 5 марок грунта на основе сапропеля в сочетании с торфом и песком в разных соотношениях по массе компонентов с добавлением гуминового препарата Росток. Все марки грунта благоприятно влияли на растения тест-культуры, повышая посевные качества семян и биометрические показатели корневой системы и надземной части растений.

В разработанных грунтах определили их качественные показатели и содержание токсичных и опасных веществ.

5.2 Качественный состав грунта на основе сапропеля

Грунт представляет собой однородную органическую массу от светло- до темно-коричневого цвета с включением (составы 3 и 4) или без включения песка (составы 1, 2 и 5).

Основными сырьевыми компонентами грунта являются: сапропель по ГОСТ Р 54000; торф по ГОСТ Р 51213; песок по ГОСТ 8736; агрохимикат

Росток по ТУ 0392-001-00493540-2001. Содержание компонентов в грунте 5 составов приведен в таблице 53.

Таблица 53 – Состав компонентов в грунтах

Ингредиенты	Массовая доля в %/масса в 1 кг грунта, г				
	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4	Состав 5
Сапропель	<u>100</u> 1000	<u>75</u> 750	<u>75</u> 750	<u>60</u> 600	<u>80</u> 800
Торф	-	<u>25</u> 250	-	<u>20</u> 200	<u>20</u> 200
Песок	-	-	<u>25</u> 250	<u>20</u> 200	-
Агрохимикат Росток	2 мл	2 мл	2 мл	2 мл	2 мл

Качество питательных грунтов должно соответствовать требованиям ГОСТа Р 53381-2009. Соответствие грунта нормативным показателям качества проведены в испытательной лаборатории ФГУ ГСАС "Тюменская". Результаты представлены в таблице 54.

Максимальный показатель содержания органического вещества у состава 1, превышение норматива в 3,6 раза. При смешивании с торфом (составы 3 и 5), с торфом и песком (состав 4) превышение норматива в 2,5-2,6 раза. Самый низкий показатель у грунта состава 3 (смешивание сапропеля с песком), превышает норматив в 1,4 раза.

Результаты определения pH солевой вытяжки служат для характеристики реакции среды. Состав 1 (сапропель+Росток) имеет слабощелочную реакцию среды (7,9 ед. pH) и относится к классу органо-известковистых сапропелей. В результате смешивания сапропеля с торфом и песком (составы 2-5) грунты приобрели нейтральную реакцию – 7,3-7,4 ед. pH, что положительно скажется на растениях, выращиваемых на данных грунтах.

Содержание общего азота в пахотном слое различных почв колеблется от 0,05 до 0,30%, в грунтах его должно быть не менее 0,5%. В разработанных

грунтах содержание общего азота находится в пределах 1,0-1,8% и напрямую зависит от наличия в них органического вещества.

Таблица 54 – Показатели качества грунта

Наименование показателей	Ед. изм.	Метод испытания	Состав	Результат	Норматив
Органическое вещество	%	ГОСТ 26213-91	1	53,30±0,80	не менее 15
			2	39,59±3,56	
			3	20,96±0,99	
			4	37,87±3,41	
			5	39,70±3,57	
Водородный показатель	ед. рН	ГОСТ 26483-85	1	7,9±0,3	не более 8
			2	7,3±0,1	
			3	7,4±0,1	
			4	7,3±0,1	
			5	7,3±0,1	
Азот общий	%	ГОСТ 26715-85	1	1,8±0,2	не менее 0,5
			2	1,5±0,2	
			3	1,0±0,1	
			4	1,2±0,2	
			5	1,5±0,2	
Фосфор общий	%	ГОСТ 26717-85	1	0,25±0,05	не менее 0,1
			2	0,24±0,05	
			3	0,14±0,05	
			4	0,20±0,05	
			5	0,24±0,05	
Калий общий	%	ГОСТ 26718-85	1	0,27±0,03	не менее 0,1
			2	0,30±0,05	
			3	0,19±0,05	
			4	0,30±0,05	
			5	0,30±0,05	
Массовая доля влаги	%	ГОСТ 26713-85	1	37,6±0,8	не более 60

Валовое содержание фосфора в пахотном слое различных почв колеблется от 0,03-0,30% в зависимости от гранулометрического и минералогического состава и содержания органического вещества. В разработанных грунтах содержание общего азота колеблется в пределах 0,14-0,25%. По нормативу должно быть не менее 0,1%.

Валовое содержание калия в почвах сильно зависит от их гранулометрического состава. В глинистых и суглинистых почвах содержание калия доходить до 3,0%, в супесчаных – до 2,0%, в песчаных – до 1,5%; в торфяных – менее 1,0%. В наших грунтах общего калия содержится 0,19-0,30%, что многократно превышает норматив (0,1%).

Содержание питательных веществ находится в прямой зависимости от содержания органического вещества. У грунта с более высоким содержанием органики наблюдается и более повышенное содержание общего азота, фосфора и калия.

Массовая доля влаги в грунте не должна превышать 60%, в нашем случае показатель значительно ниже норматива (37,6%).

Соотношение между ингредиентами грунта: сапропелью, торфом и песком таковы, что обеспечивают соответствующую нормативам влажность, оптимальную кислотность и питательность грунта.

5.3 Содержание в грунтах токсичных веществ

По содержанию токсичных веществ в почвогрунтах (питательных грунтах), разработанные грунты должны соответствовать требованиям ГОСТа Р 53381-2009 (прил. А). Данные требования устанавливаются к многокомпонентным питательным грунтам, предназначенных для использования в растениеводстве, садоводстве, цветоводстве, лесном и городском хозяйствах, на приусадебных участках для повышения плодородия почв, урожайности, качества продукции растениеводства, благоустройства, озеленения территорий, в том числе рекреационных.

В разработанных грунтах провели анализ на содержание токсичных и опасных веществ. Содержание кадмия, свинца, ртути и бенз(а)пирена во всех составах грунта значительно ниже норматива (табл. 55).

Таблица 55 – Содержание токсичных элементов и бенз(а)пирена

Наименование показателей	Ед. изм.	Метод испытания	Состав	Результат	Норматив
Мышьяк	мг/кг	МУ-МСХ-1993	1	6,8±1,0	2,0 10,0
			2	7,4±1,1	
			3	1,9±0,5	
			4	3,6±0,9	
			5	7,4±1,1	
Кадмий	мг/кг	М-МВИ-80-2008	1	0,05±0,01	0,5
			2	<0,05	
			3	<0,05	
			4	<0,05	
			5	<0,05	
Свинец	мг/кг	М-МВИ-80-2008	1	1,98±0,59	32
			2	2,00±0,60	
			3	1,06±0,32	
			4	2,17±0,65	
			5	1,90±0,57	
Ртуть	мг/кг	ПНД Ф 16.1:2.23-2000	1	0,020±0,009	0,5
			2	0,017±0,008	
			3	0,014±0,006	
			4	0,016±0,007	
			5	0,015±0,007	
Бенз(а)пирен		ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.39-2003	1	<0,005	не более 0,02
			2	<0,005	
			3	0,007±0,003	
			4	<0,005	
			5	<0,005	

Содержание мышьяка ниже ПДК (2 мг/кг) только у грунта состав 3 при смешивании сапропеля с песком (1,9 мг/кг). В грунте состав 4 при смешивании сапропеля с торфом и песком мышьяка содержится 3,6 мг/кг, состав 1 (сапропель) – 6,8 мг/кг, составы 2 и 5 (смешивание сапропеля с торфом) – 7,4 мг/кг. Наблюдается превышение ПДК, но в грунтах при pH >5,5 ед. допускается по ОДК содержание мышьяка до 10,0 мг/кг. Таким образом, данные грунты при применении не представляют опасность, т.к. имеют нейтральную и слабощелочную реакцию среды.

Из таблицы 50 видно, что по содержанию валовых форм токсичных элементов и бенз(а)пирена во всех видах грунта превышений норм Роспотребнадзора, установленных для токсичных элементов, не выявлено.

Содержание фоновых хлорорганических пестицидов во всех грунтах значительно ниже норматива (табл. 56).

Таблица 56 – Содержание фоновых хлорорганических пестицидов

Наименование показателей	Ед. изм.	Метод испытания	Состав	Результат	Норматив
Альфа-ГХЦГ	мг/кг	МУ МЗ СССР №2433-81	1-5	<0,004	не более 0,1
Бета-ГХЦГ	мг/кг	МУ МЗ СССР №2433-81	1-5	<0,004	
Гамма-ГХЦГ	мг/кг	МУ МЗ СССР №2433-81	1-5	<0,004	
ДДТ	мг/кг	МУ МЗ СССР №2433-81	1-5	<0,004	
ДДД	мг/кг	МУ МЗ СССР №2433-81	1-5	<0,004	
ДДЭ	мг/кг	МУ МЗ СССР №2433-81	1-5	<0,004	

Удельная активность техногенных радионуклидов во всех составах грунта находится за пределами нижней границы определения по аккредитованному методу испытания (табл. 57). Удельная активность естественных радионуклидов тория-232 и калия-40 также ниже шкалы определения. Определен показатель удельной активности радия-226 только в грунте составов 2 и 3, но значения находятся у нижней границы определения.

Таким образом, вредных примесей во всех грунтах содержится меньше нормативно допустимых значений для чистой почвы. Данные питательные грунты соответствуют требованиям стандарта ГОСТ Р 53381-2009 «Почвы и грунты. Грунты питательные».

Таблица 57 – Удельная активность радионуклидов

Наименование показателей	Ед. изм.	Метод испытания	Марка грунта	Результат	Норматив
Техногенные					
Стронций-90	Бк/кг	МВИ №40090.4Г006-2004	1-5	<1,0	55,5
Цезий-137	Бк/кг	МВИ №40090.3Н700-2003	1-5	<4,0	185
Естественные					
Радий-226	Бк/кг	МВИ №40090.3Н700-2003	1	<7,0	-
			2	7,6±2,2	
			3	8,4±2,5	
			4	<7,0	
			5	<7,0	
Торий-232	Бк/кг	МВИ №40090.3Н700-2003	1-5	<7,0	-
Калий-40	Бк/кг	МВИ №40090.3Н700-2003	1-5	<57	-

При проведении микробиологического анализа патогенных и болезнетворных организмов не обнаружено (прил. Б).

При рекультивации нарушенных земель грунты могут быть использованы для биологического этапа рекультивации в качестве почвогрунтов при создании плодородного слоя, для рекультивации загрязненных и обедненных почв; при строительстве и эксплуатации линейных сооружений, отвалов промышленных отходов, земель, загрязненных нефтепродуктами, территорий промышленных площадок; в целях лесохозяйственного, природоохранного и санитарно-гигиенического направлений рекультивации; для проведения биологической рекультивации специализированных полигонов размещения осадков сточных вод, полигонов твердых бытовых отходов и полигонов промышленных отходов.

6 ВЫБОР РЕГУЛЯТОРА РОСТА РАСТЕНИЙ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Для сокращения периода вегетации и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур в настоящее время широко применяют регуляторы роста и развития растений различного происхождения. В последнее время больше стали использовать препараты из природного сырья. Одними из них являются гуминовые препараты. Они активизируют энергетический и белковый метаболизмы, способствуют лучшему опылению и оплодотворению растений, формируют полноценный урожай. Гуминовые препараты, особенно из торфа, обладают антистрессовыми свойствами. Это особенно важно для рекультивации загрязненных почв. В экстремальных условиях они нормализуют процессы внутриклеточного метаболизма, уменьшают генетические нарушения, стабилизируют параметры митотического цикла, что адаптирует растения к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Природные гуминовые кислоты (ГК) – это вещества очень сложного строения, азотсодержащие оксикарбоновые кислоты, при ядрах и в боковых алифатических цепях содержат различные функциональные группы. Катионы металлов образуют с гуминовыми кислотами простые или комплексные соли – гуматы. Несмотря на известный элементарный состав, гуминовые кислоты не имеют точных молекулярных формул, т.к. относятся к соединениям переменного состава. С помощью углеводородных связей образуют цепочки, формирующие молекулы, которые в естественном состоянии свернуты в клубок. При растворении небольшая концентрация способствует раскручиванию упаковки полимерной цепи и изменяет конфигурацию молекул гуминовых кислот, что ускоряет проникновение их через клеточные мембраны растений.

При биологической рекультивации важно простимулировать семена высеваемых культур. Для выбора стимулятора нами было проведено тестирование 7 регуляторов роста растений.

Буйским химическим заводом для тестирования были предоставлены 4 образца (рис. 14) природного происхождения в сухой препаративной форме.



Рисунок 14 – Фото образцов **чего?**

Из предоставленных препаратов приготовили 1% растворы (рис. 15).



Рисунок 15 – Растворы препаратов 1% концентрации **чего?**

В вегетационном опыте все изучаемые препараты оказали положительное действие на посевные качества семян и биометрические показатели растений тест-культуры. Но величина прибавки разная.

По действию на энергию прорастания выделились два варианта: Фульват калия и Хелат аминокислоты – прибавка 26,3 и 22,3% (табл. 46). Аминокислота и Фульвокислота повышали энергию прорастания семян на 11,3%. Разница с контролем у всех препаратов существенна. Все препараты

существенно повышали всхожесть семян тест-культуры (табл. 58, прил. Ю). Наиболее значительная прибавка в сравнении с контролем при обработке семян препаратом Аминокислота – 14,6%. У остальных препаратов действие ниже, повышение всхожести на 4,2-8,4%.

Таблица 58 – Влияние регуляторов на посевные качества семян
тест-культуры

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Контроль (вода)	44,9	79,9
Аминокислота	49,9	91,6
Хелат аминокислоты	54,9	83,3
Фульвокислота	49,9	86,6
Фульват калия	56,7	84,9
НСР ₀₅	3,6	2,9

Препараты Аминокислота, Хелат аминокислоты и Фульват калия не оказали влияния на число корешков проростков тест-культуры (табл. 59, прил. Я). Только препарат Фульвокислота повышал число корешков на 6,5%.

Таблица 59 – Влияние гуминовых препаратов на корневую систему
тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г/сосуд
Контроль (вода)	4,6	14,8	1,60
Аминокислота	4,6	19,2	1,72
Хелат аминокислоты	4,6	18,8	1,67
Фульвокислота	4,9	18,2	1,61
Фульват калия	4,7	19,3	1,76
НСР ₀₅	0,1	1,84	0,09

Все препараты по отношению к контролю существенно увеличили длину корневой системы на 23,2-30,7%. Различие между препаратами не существенно. Масса корневой системы существенно увеличилась только при применении препаратов Аминокислота и Фульват калия, но прибавка к контролю незначительная – 7,5 и 10,0%.

По длине растений всходы тест-культуры изучаемых вариантов существенно превышали контроль (табл. 60, прил. АА). Наибольшее действие на этот показатель оказал препарат Фульват калия – прибавка 11,5%, наименьшее Хелат аминокислоты – 6,9%. Масса растений по отношению к контролю существенно увеличилась при обработке семян всеми препаратами – на 9,2-13,7%. Различие между препаратами не существенно.

Таблица 60 – Влияние гуминовых препаратов на надземную часть растений тест-культуры

Вариант	Длина растений, см	Масса растений, г/сосуд
Контроль (вода)	26,1	2,62
Аминокислота	28,4	2,98
Хелат аминокислоты	27,9	2,96
Фульвокислота	28,2	2,86
Фульват калия	29,1	2,97
<i>HCP₀₅</i>	1,27	0,2

Однозначного лидерства среди изучаемых препаратов не выявлено (рис. 16). Все они оказали действие на тест-культуру, посевные качества семян и биометрические показатели корневой системы и растений превышали контроль.



Рисунок 16 – Растения тест-культуры:
 1 – вода (контроль), 2 – Аминокислота, 3 – Хелат аминокислоты,
 4 – Фульвокислота, 5 – Фульват калия

В ходе опыта установлено, что растворы препаратов Фульвокислота и Фульват калия не стойкие при хранении. Через сутки наблюдалось помутнение, изменился запах. Появилась плесень в растворе Фульвата калия через сутки (рис. 17).



Рисунок 17 – Раствор Фульвата калия через сутки

В растворе Аминокислоты через 4 суток также появилась плесень (рис. 18). Растворы 1% концентрации трех препаратов имеют средне и слабо кислую реакцию среды: Аминокислота – 4,84 ед. рН, Фульвокислота – 5,37, Фульват калия – 6,0. И только у раствора Хелата аминокислоты щелочная реакция среды – 9,47 ед. рН. Но и у этого раствора на дне колбы круглые небольшие по размеру колонии грибов.



Рисунок 18 – Раствор Аминокислоты через 4 суток

Ввиду неблагоприятного бактериального состояния данных препаратов было принято решение не проводить с ними дальнейшие исследования.

В следующем вегетационном опыте проводили изучение влияния 3 регуляторов разной природы на рост и развитие растений тест-культуры. Жидкие гуминовые препараты: Росток из низинного торфа, производитель ООО «НПЦ «Эврика» (Россия), Гумиам – гумат аммония из бурого угля, производитель ООО «Агрофирма «Гермес» (Украина). Препарат PreCede[™] – водная смесь микроэлементов Мп и Zn (4-7%), ионов фосфорной кислоты (10%), монофосфата калия (30-40%), производитель ATP Nutrutition (Канада).

Схема вегетационного опыта: 1. Контроль (вода), 2. Росток, 3. PreCede[™], 4. Гумиам.

В вегетационном опыте все три препарата существенно повысили энергию прорастания по сравнению с контролем. Превосходит по прибавке препарат Росток, выше препаратов PreCede™ и Гумиам на 10 и 15% (табл. 61, прил. АБ). По всхожести превышали контроль препараты Росток и PreCede™ на 12 и 10%. Препарат Гумиам снижал всхожесть семян на 2%, но разница с контролем не существенна.

Таблица 61 – Влияние регуляторов на посевные качества семян
тест-культуры

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Контроль (вода)	31,7	68,4
Росток	68,3	80,0
PreCede™	58,3	78,4
Гумиам	53,3	66,7
<i>HCP₀₅</i>	5,8	3,3

Число корешков превышало контроль при применении препаратов Росток и PreCede™ на 18 и 9% (табл. 62, прил. АВ). У препарата Гумиам прибавка не существенна.

Таблица 62 – Влияние гуминовых препаратов на корневую систему
тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г/сосуд
Контроль (вода)	3,4	15,9	0,85
Росток	4,0	20,4	1,45
PreCede™	3,7	20,1	1,16
Гумиам	3,5	19,8	1,01
<i>HCP₀₅</i>	0,11	1,07	0,09

Длина корней при обработке семян регуляторами превышала контроль на 24-28%, но различие между препаратами не существенно. Масса корней существенно превышала контроль при применении всех препаратов, но препарат Росток и по этому показателю значительно превосходил два других – на 35% препарат PreCede™ и на 52% препарат Гумиам.

Все препараты в опыте существенно увеличивали длину растений, но прибавка различна. Препарат Росток по этому показателю существенно превышал препараты PreCede™ и Гумиам на 21 и 28% (табл. 63, прил. АГ). Существенно превышали контроль по массе надземной части растений препараты Росток и PreCede™ – на 93 и 24%. Различие с контролем у препарата Гумиам не существенно.

Таблица 63 – Влияние гуминовых препаратов на надземную часть растений
тест-культуры

Вариант	Длина растений, см	Масса растений, г/сосуд
Контроль (вода)	18,7	1,79
Росток	25,8	3,45
PreCede™	21,9	2,21
Гумиам	20,5	1,82
<i>HCP₀₅</i>	1,65	0,19

По действию на посевные качества семян и биометрические показатели всходов тест-культуры преобладал препарат Росток – прибавка к контролю 17-116%. У препарата PreCede™ по сравнению с препаратом Росток ниже в два раза прибавка по числу корешков, длине и массе корневой системы, в 4 раза – по массе надземной части растений. Препарат Гумиам по всхожести ниже контроля, по числу корешков и массе растений – прибавка не существенна, по остальным показателям прибавка существенна, но значительно ниже предыдущих препаратов. Для дальнейших опытов выбрали препарат Росток.

ГЛАВА 7 РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПОЧВЫ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОЙ СВАЛКИ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

7.1 Влияние свалки бытовых отходов, грунта и гуминового препарата на растения тест-культуры

Почву для вегетационного опыта по установлению эффективного способа рекультивации нарушенных земель взяли с территории несанкционированной многолетней свалки. Почва свалки загрязнена цинком (1,4 ПДК) и свинцом (1,4 ПДК) (табл. 64) (Брыксина Т.С., Грехова И.В., 2017).

Таблица 64 – Валовое содержание тяжелых металлов в почве свалки
в слое 0-10 см, мг/кг (2017 г.)

Наименование	Цинк	Кадмий	Свинец
Почва свалки	138,0±41,0	1,11±0,33	45,13±13,54
ПДК	100,0	3,0	32,0

В 2017 г. мы приняли участие в конкурсе научно-исследовательских работ по оценке потенциала гуминовых продуктов компании Life Force Group. В характеристике препарата Humate balance из бурого угля написано, что он активизирует процесс самоочищения почвы от пестицидов и тяжелых металлов. Почвенный кондиционер, повышающий химико-физические и биологические свойства почвы, эффективный мелиорант. Препарат был внесен в почву свалки в дозе, рекомендованной производителем (500 кг/га). В другом варианте опыта семена тест-культуры перед посевом в почву свалки были обработаны препаратом Росток. В качестве контроля – темно серая лесная почва.

Почва свалки негативно повлияла на прорастание семян тест-культуры, снизились энергия прорастания и всхожесть на 22 и 12% по сравнению с контролем (табл. 65).

Таблица 65 – Влияние гуминовых препаратов на посевные качества семян
тест-культуры

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Почва пашни (контроль)	84,4	95,5
Загрязненная почва	65,5	84,4
Загрязненная почва+Humate balance	64,9	88,3
Загрязненная почва+Росток	93,3	95,5
<i>HCP₀₅</i>	<i>11,3</i>	<i>7,6</i>

Внесение в почву свалки сухого гуминового препарата не устранило ее негативного влияния на семена тест-культуры. При обработке семян препаратом Росток энергия прорастания и всхожесть существенно повысились на 42 и 13% по сравнению с обработкой водой на почве свалки.

При проращивании на почве свалки растения испытывали угнетение: существенно снизилось число корешков на 7%, длина и масса корней на 8 и 19% (табл. 66). Угольный препарат еще больше уменьшил массу корневой системы – на 33 %.

Таблица 66 – Влияние гуминовых препаратов на корневую систему
тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г
Почва пашни (контроль)	4,6	17,0	0,27
Загрязненная почва	4,3	15,7	0,22
Загрязненная почва+Humate balance	4,3	16,2	0,18
Загрязненная почва+Росток	4,9	20,0	0,36
<i>HCP₀₅</i>	<i>0,3</i>	<i>1,2</i>	<i>0,1</i>

Биометрические показатели корневой системы растений выше почвы свалки были при использовании препарата Росток: число корешков – на 13%, длина и масса корней – на 27 и 64%. Эти показатели превышали и контроль на 6, 18 и 44% соответственно.

Также негативное действие наблюдалось в почве свалки на длину и массу растений – снижение на 22 и 30% в сравнении с контролем (табл. 67). При внесении в почву свалки сухого гуминового препарата длина и масса надземной части растений тест-культуры существенно превышала вариант с почвой свалки на 16 и 37%. При использовании препарата Росток для предпосевной обработки семян длина и масса растений превышали на 36 и 81% соответственно вариант почвы свалки с обработкой семян водой. Масса растений на этом варианте существенно превышала контроль (почву пашни) на 26%.

Таблица 67 – Влияние гуминовых препаратов на надземную часть растений тест-культуры

Вариант	Длина растений, см	Масса растений, г
Почва пашни (контроль)	23,2	1,13
Загрязненная почва	18,1	0,79
Загрязненная почва+Humate balance	21,0	1,08
Загрязненная почва+Росток	24,6	1,43
НСР ₀₅	1,5	0,11

Во следующем вегетационном опыте при внесении в почву свалки грунта на основе сапропеля энергия прорастания и всхожесть семян тест культуры увеличились на 13,4 и 31,3% соответственно, что говорит о снижении негативного действия почвы свалки органическим удобрением (табл. 68).

Таблица 68 – Влияние сапропеля на посевные качества семян тест-культуры

Вариант	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Почва (контроль)	64,9	86,6
Загрязненная почва	54,9	65,3
Загрязненная почва+грунт (сапропель+Росток) (30 т/га)	78,3	96,6
НСР ₀₅	12,1	8,2

Грунт положительно повлиял на корневую систему растений тест-культуры. Существенно по сравнению с почвой свалки повысились показатели: число корешков – на 33%, масса корней – на 45% (табл. 69). Длина корней превышала почву свалки на 8%, но различие не существенно.

Таблица 69 – Влияние сапропеля на корневую систему тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г
Почва (контроль)	4,1	16,0	0,19
Загрязненная почва	3,3	13,2	0,11
Загрязненная почва+грунт (сапропель+Росток)	4,4	14,3	0,16
НСР ₀₅	0,28	1,38	0,13

Внесение грунта на основе сапропеля в почву свалки повлияло и на надземную часть растений тест-культуры. Превышение почвы свалки по длине и массе растений на 7 и 3%, но различие не существенно (табл. 70).

Таблица 70 – Влияние сапропеля на надземную часть растений тест-культуры

Вариант	Длина растений, см	Масса растений, г
Почва (контроль)	23,2	1,13
Загрязненная почва	19,7	1,05
Загрязненная почва+грунт (сапропель+Росток)	21,0	1,08
НСР ₀₅	1,70	0,18

В третьем вегетационном опыте по установлению эффективного способа рекультивации нарушенных земель испытывали разработанный грунт на основе осадка сточных вод (торф:песок:ОСВ=2:2:1) и гуминовый препарат Росток. Грунт вносили в почву свалки в дозе 50 т/га. Семена тест-культуры перед посевом на сутки замачивали в воде и растворе препарата Росток (0,001% концентрации).

Энергия прорастания на загрязненной почве существенно снизилась на 11% к контролю при обработке семян водой (табл. 71, прил. АД). При добавлении грунта она повысилась на 16%. При обработке семян Ростком наблюдалось существенное повышение энергии прорастания на 17 и 24% на контроле и загрязненной почве.

Таблица 71 – Влияние грунта и препарата Росток на посевные качества семян тест-культуры

Вариант		Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Почва	Обработка семян		
Почва пашни (контроль)	Вода	84,4	95,5
	Росток	98,9	97,7
Загрязненная почва	Вода	75,5	84,4
	Росток	93,3	95,5
Загрязненная почва+грунт	Вода	97,8	100,0
	Росток	97,8	100,0
<i>НСР₀₅</i>		1,9	1,3

Всхожесть при обработке Ростком повысилась на контроле на 2,2%, на загрязненной почве – на 11,1%. Как и в случае с энергией прорастания, всхожесть семян существенно снизилась на 12% только на загрязненной почве при обработке водой. Гуминовый препарат снимал отрицательное действие загрязненной почвы на семена тест-культуры. При внесении грунта всхожесть повысилась по сравнению с загрязненной почвой на 16,6%. На

фоне внесения грунта энергия прорастания и всхожесть имеют одинаковые показатели при обработке водой и препаратом Росток.

Обработка семян тест-культуры препаратом Росток положительно повлияла на число корешков у проростков пшеницы: превышение контроля на 4-7% (табл. 72, прил. АЕ). Длина корневой системы при обработке Ростком увеличилась на почве пашни на 20%, на загрязненной почве – на 27%. На варианте загрязненная почва+грунт – на 31%.

Таблица 72 – Влияние грунта и препарата Росток на корневую систему
тест-культуры

Вариант		Число корешков, шт.	Длина корней, см	Масса корней, г
Почва	Обработка семян			
Почва пашни (контроль)	Вода	4,6	16,0	0,27
	Росток	4,8	19,2	0,34
Загрязненная почва	Вода	4,6	15,6	0,22
	Росток	4,9	19,9	0,36
Загрязненная почва+грунт	Вода	4,9	16,0	0,32
	Росток	4,9	20,9	0,36
<i>НСП₀₅</i>		0,4	8,5	0,1

Масса корневой системы проростков существенно понизилась в варианте загрязненная почва при обработке семян водой на 19%. Применение препарата Росток для обработки семян тест-культуры положительно сказалось на массе корневой системы тест-культуры. На почве пашни эффект составил 26%, на загрязненной почве – 64%, в варианте с внесением грунта – 13%.

При обработке семян Ростком длина растений превышала обработку водой: на контроле – на 16%, на загрязненной почве – на 36%, на варианте загрязненная почва+грунт – на 6% (табл. 73, прил. АЖ).

Таблица 73 – Влияние грунта и препарата Росток на надземную часть растений тест-культуры

Вариант		Длина растений, см	Масса растений, г
Почва	Обработка семян		
Почва пашни (контроль)	Вода	19,0	0,47
	Росток	22,0	0,59
Загрязненная почва	Вода	18,1	0,39
	Росток	24,5	0,73
Загрязненная почва+грунт	Вода	23,1	0,61
	Росток	24,5	0,69
<i>НСР₀₅</i>		<i>1,80</i>	<i>0,04</i>

Масса растений при обработке семян препаратом Росток также увеличивалась. На почве пашни эффективность составила 26%, на загрязненной почве – 87%, в варианте загрязненная почва+грунт – 13%.

Различие между вариантами с обработкой семян Ростком и водой наглядно видно на рисунке 19.



Рисунок 19 – Проростки тест-культуры: 1. Почва пашни (семена замочены в воде), 2. Почва пашни (семена замочены в Ростке), 3. Почва свалки (семена замочены в воде), 4. Почва свалки (семена замочены в Ростке), 5. Почва свалки+грунт (семена замочены в воде), 6. Почва свалки+грунт (семена замочены в Ростке).

Таким образом, при биологической рекультивации нарушенных земель эффективно внесение сапропеля и грунта на основе осадка сточных вод с обработкой семян высеваемой культуры гуминовым препаратом Росток.

7.2 Влияние внесенного грунта на содержание тяжелых металлов и свойства почвы свалки бытовых отходов

Содержание подвижных форм цинка в загрязненной почве в слое 0-30 см превышало ПДК в 3,1 раза (табл. 74). Содержание кадмия в почве значительно ниже ПДК. По меди и свинцу превышения не обнаружено. Но по данным Т.С. Брыксиной, И.В. Греховой (2017) содержание свинца в слое 0-10 см почвы свалки составило 20,04 мг/кг, что превышало ПДК в 3,3 раза.

Таблица 74 – Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве свалки, мг/кг

Наименование	Цинк	Кадмий	Медь	Свинец
Почва свалки	70,00±25,00	0,05±0,02	0,32±0,096	3,84±0,92
ПДК	23,0	1,0	3,0	6,0

В корнях растений тест-культуры на загрязненной почве содержание цинка превышало контроль в 5 раз (табл. 75).

Таблица 75 – Содержание цинка в надземной и корневой частях тест-культуры, мг/кг

Вариант	Обработка семян	Растения	Корни
Почва пашни (контроль)	Вода	42,4	63,2
	Росток	31,8	83,2
Загрязненная почва	Вода	134,2	310,5
	Росток	127,5	405,5
Загрязненная почва+грунт	Вода	86,4	135,8
	Росток	66,9	163,7
МДУ		50,0	

При внесении грунта в загрязненную почву содержание цинка в корнях снижалось в 2 раза. При обработке семян Ростком корни растений накапливали цинка больше на контроле и загрязненной почве на 31%, при внесении грунта – на 20%, чем при обработке водой.

Содержание цинка в корнях в 1,5-2 раза больше, чем в растениях. Обработка семян Ростком снижала поступление цинка из корней в растения: на контроле – на 25%, на загрязненной почве – на 5%, при внесении грунта – на 23%.

Содержание подвижных форм кадмия в почве не превышало ПДК, а в растениях содержание кадмия выше МДУ в среднем в 11 раз (табл. 76). Растения по содержанию этого металла отличались от корней незначительно, т.е. корневая система тест-культуры не служила барьером поступления кадмия в растения. В корнях на загрязненной почве содержание кадмия превышало контроль на 7%, а при внесении питательного грунта снижалось в 1,5 раза. При обработке семян Ростком на загрязненной почве в корнях накапливалось кадмия больше на 25%, чем при обработке водой. Внесение грунта снижало накопление кадмия в корнях на 15%. Обработка семян Ростком снижала поступление кадмия в растения: на контроле – на 22%, на загрязненной почве – на 10%, при внесении грунта – на 7%.

Таблица 76 – Содержание кадмия в надземной и корневой частях
тест-культуры, мг/кг

Вариант	Обработка семян	Растения	Корни
Почва пашни (контроль)	Вода	4,3	3,1
	Росток	3,3	3,6
Загрязненная почва	Вода	3,5	3,3
	Росток	3,1	4,2
Загрязненная почва+грунт	Вода	2,7	2,1
	Росток	2,5	2,4
МДУ		0,3	

Содержание меди в растениях ниже МДУ. На загрязненной почве и при внесении питательного грунта содержание меди в корнях тест-культуры меньше контроля на 23 и 17% соответственно (табл. 77). По сравнению с обработкой семян водой при применении Ростка на контроле и при внесении питательного грунта корни накапливали меди меньше на 6 и 31% соответственно, а на загрязненной почве, наоборот, больше на 23%. Обработка семян Ростком снижала поступление меди в растения на всех вариантах в 2-3 раза.

Таблица 77 – Содержание меди в надземной и корневой частях
тест-культуры, мг/кг

Вариант	Обработка семян	Растения	Корни
Почва пашни (контроль)	Вода	8,5	19,7
	Росток	3,1	18,6
Загрязненная почва	Вода	15,1	15,1
	Росток	6,8	18,7
Загрязненная почва+грунт	Вода	13,5	16,3
	Росток	6,2	11,2
МДУ		30,0	

В растениях на всех вариантах и в корнях на контроле содержание свинца менее 0,1 мг/кг (табл. 78).

Таблица 78 – Содержание свинца в надземной и корневой частях
тест-культуры, мг/кг

Вариант	Обработка семян	Растения	Корни
Почва пашни (контроль)	Вода	менее 0,1	менее 0,1
	Росток	менее 0,1	менее 0,1
Загрязненная почва	Вода	менее 0,1	9,7
	Росток	менее 0,1	14,7
Загрязненная почва+грунт	Вода	менее 0,1	8,3
	Росток	менее 0,1	23,3
МДУ		5	

Свинец присутствовал только в корнях на загрязненной почве. При обработке семян Ростком на загрязненной почве и при внесении питательного грунта корнями накапливалось свинца больше в 1,5 и 3 раза соответственно, чем при обработке водой.

Способность тяжелых металлов поглощаться растениями, что в последующем определяет их аккумуляцию в звеньях трофической цепи, в том числе и в организме человека, определяется с помощью коэффициента биологического накопления. Чем больше его значение, тем активнее элементы переходят из почвы в растения.

В зависимости от значений коэффициентов биологического накопления, по степени поглощаемости растениями тяжелые металлы образуют следующий ряд: $Cd > Cu > Zn > Pb$ (табл. 79). Растениями более активно поглощался кадмий, менее всего свинец.

Таблица 79 – Коэффициенты биологического накопления тяжелых металлов тест-культурой

Вариант	Обработка семян	Zn	Cd	Cu	Pb	Среднее
Растения						
Загрязненная почва	Вода	1,9	70,0	47,1	<0,03	29,7
	Росток	1,8	63,0	21,4	<0,03	21,5
Загрязненная почва+грунт	Вода	1,2	55,6	42,1	<0,03	24,7
	Росток	0,9	51,6	19,5	<0,03	18,0
Корни						
Загрязненная почва	Вода	4,4	66,6	47,4	2,5	30,2
	Росток	5,7	83,0	58,5	3,8	37,7
Загрязненная почва+грунт	Вода	1,9	42,6	51,0	2,1	24,4
	Росток	2,3	49,0	35,0	6,0	23,1

Корни тест-культуры более активно поглощали тяжелые металлы, чем растения. Предпосевная обработка Ростком усиливала интенсивность поглощения тяжелых металлов на загрязненной почве корнями на 25%. Добавление грунта к загрязненной почве уменьшало поглощение тяжелых металлов корнями при обработке семян водой на 19%, Ростком – на 24%.

Обработка семян Ростком уменьшала биологическое поглощение тяжелых металлов растениями на загрязненной почве на 28%, при добавлении питательного грунта – на 27%. Использование питательного грунта на загрязненной почве снижало интенсивность поглощения тяжелых металлов растениями на 17%, а совместно с обработкой семян гуминовым препаратом – на 39%.

Таким образом, внесение сапропеля, грунта на основе ОСВ и обработка семян гуминовым препаратом Росток уменьшали негативное действие загрязненной почвы тяжелыми металлами на высеваемую культуру, что обеспечило благоприятный рост и развитие растений при биологической рекультивации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по экологической оценке грунтов и гуминовых удобрений для биологической рекультивации нарушенных земель можно сделать следующие выводы:

1. Внесение в почву осадка сточных вод в дозе 3,5 и 5,0 т/га оказало положительное действие на энергию прорастания, лабораторную всхожесть, существенно повысило массу корневой системы и массу проростков тест-культуры. Дозы осадка 25 и 50 т/га по ряду показателей оказали существенное отрицательное действие на проростки пшеницы. В почву при рекультивации допустимо внесение осадка сточных вод в дозе не более 5,0 т/га.

2. В осадке сточных вод повышенное содержание гумуса – 7,7%. Гидролитическая кислотность выше в 3,6 раза, а сумма поглощенных оснований меньше в 6 раз, емкость поглощения – в 3 раза, степень насыщенности почв основаниями – в 2 раза, чем в темно серой лесной почве.

3. Осадок сточных вод с иловых площадок рекомендуется смешивать с почвой и торфом в соотношении 1:2:1, с торфом в соотношении 1:4 и с песком и торфом в соотношениях 1:1:2 и 1:2:2, угнетения растений не наблюдалось. Смешивание ОСВ в соотношениях 3:1 с гуминовым препаратом Natural humic acids и сапропелем не снизило негативное действие ОСВ на корневую систему растений.

4. В осадке сточных вод превышение ПДК установлено по валовому содержанию цинка, меди, свинца, кадмия и ртути, по подвижным формам – цинка, меди и кадмия. В вегетативной части растений свинца, кадмия и ртути содержалось значительно больше, чем в корнях.

5. В результате анализа влияния сапропеля и грунтов на основе сапропеля на посевные качества семян и биометрические показатели проростков тест-культуры выделились 5 составов грунта: сапропель, торф:сапропель (1:4, 2:1), песок:сапропель (1:3) и торф:песок:сапропель (1:1:3). При добавлении гуминового препарата Росток в выше названные

грунты биометрические показатели корневой и надземной части растений увеличивались, особенно при смешивании сапропеля с песком.

6. Внесение в загрязненную тяжелыми металлами почву свалки бытовых отходов сухого гуминового удобрения из бурого угля повлияло негативно на прорастание семян и развитие растений. Наиболее значительно по сравнению с контролем снизились энергия прорастания на 23%, число и масса корней на 12 и 33%.

7. Различие между препаратами Аминокислота, Хелат аминокислоты, Фульвокислота и Фульват калия по действию на рост и развитие тест-культуры не существенно. Гуминовый препарат Росток повышал посевные качества семян и биометрические показатели всходов тест-культуры на 17-116%, что значительно выше действия препаратов PreCede™ и Гумиам.

8. Предпосевная обработка семян гуминовым препаратом Росток при выращивании тест-культуры на почве свалки бытовых отходов, загрязненной тяжелыми металлами, способствовала повышению энергии прорастания и всхожести (до 24 и 13% соответственно). Увеличились и морфометрические показатели проростков: длина корневой системы и растений – на 25 и 29%, их масса – на 33% и 55%.

9. Внесение питательного грунта (осадок сточных вод:песок:торф, в соотношении 1:2:2) в дозе 20 т/га в загрязненную почву снижало накопление растениями: цинка – на 36%, кадмия – на 21%, меди – на 11%. Обработка семян гуминовым препаратом Росток снижала содержание в растениях на загрязненной почве: цинка – на 5%, кадмия – на 10%, меди – в 2,2 раза. Внесение питательного грунта в загрязненную почву совместно с обработкой семян Ростком снижало интенсивность биологического поглощения тяжелых металлов растениями на 39%, что предполагает возможность их совместного применения для биологической рекультивации.

РЕКОМЕНДАЦИИ

По результатам оценки состава различных грунтов для биологической рекультивации нарушенных земель рекомендуется смешивать осадок сточных вод с торфом в соотношении 1:4, с песком и торфом в соотношениях 1:2:2 и 1:1:2.

Сапропель для рекультивации рекомендуется использовать как отдельно, так и при смешивании с компонентами: торф:сапропель (2:1 и 1:4), песок:сапропель (1:3), торф:песок:сапропель (1:1:3) с добавлением препарата Росток (2 мл/кг).

Семена культур перед посевом на рекультивируемую почву обрабатывать гуминовым препаратом Росток – 0,5 л/т.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
2. Адерихин П.Г. Потенциальное плодородие вскрышных пород КМА / П.Г. Адерихин, Б.В. Усков, Ю.И. Дудкин, М.Т. Брехов. – Воронеж, 1978. – 224 с.
3. Акатова Е.В. Детоксицирующая способность гуминовых веществ торфов различного происхождения по отношению к ионам тяжелых металлов / Е.В. Акатова, Е.Д. Дмитриева, К.В. Сюндюкова, М.М. Леонтьева, Е.Н. Музафаров // Химия растительного сырья. – 2017. – №1. – С. 119-127.
4. Акимова Т.А. Экология Природа Человек Техника: Учебник для вузов / Т.А. Акимова, А.П. Кузьмин, В.В. Хаскин. – 2001. – С. 32.
5. Александровская З.И. Санитарная очистка городов от твердых бытовых отходов / З.И. Александровская, А.М. Кузьменкова, Н.Ф. Гуляев, Я.Н. Крхамбаров. – М.: Стройиздат, 1977. – С. 215-217.
6. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в агроландшафте / Ю.В. Алексеев. – СПб, 2008. – 216 с.
7. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л., 1987. – С. 142.
8. Андроханов В.А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка / В.А. Андроханов, В.М. Курачев. – Новосибирск, 2010. – 224 с.
9. Аргунов Н.Д. Актуальная тема утилизация сточных вод / Н.Д. Аргунов, О.Б. Ватуев, В.М. Веселов // Агрохимический вестник. – 2013. – №4. – С. 12.
10. Аргунов Н.Д. Некоторые свойства и особенности осадков сточных вод. Обзор литературных данных. / Н.Д. Аргунов, О.Б. Ватуева, В.М. Веселов, Н.А. Саломатина, В.А. Пильгун // Агрохимический вестник. – 2013. – №4. – С. 39-43.

11. Арчегова И.Б. Эффективная система природовосстановления – основа перспективного природопользования на Крайнем Севере: Докл. на общ. собр. Коми НЦ УрО РАН / И.Б. Арчегова. – Сыктывкар, 1998. – С. 33-40.
12. Байбеков Р.Ф. Агроэкологическая оценка действия органических и органоминеральных удобрений в полевом севообороте / Р.Ф. Байбеков, Г.Е. Мерзлая, О.А. Власова // Земледелие. – 2016. – №7. – С. 16-19.
13. Байбеков Р.Ф. Изучение удобрений на основе осадков сточных вод / Р.Ф. Байбеков, Г.Е. Мерзлая, О.А. Власова, А.Н. Налиухин // Агрохимический вестник. – 2013. – №6. – С. 28-30.
14. Байбеков Р.Ф. Использование органических отходов для удобрения агроценозов / Р.Ф. Байбеков, Г.Е. Мерзлая, О.А. Власова // Земледелие. – 2015. – №2. – С. 34-36.
15. Барановский И.Н. Удобрительные смеси с участием сточных вод на дерново-подзолистых почвах / И.Н. Барановский, Е.А. Подолян // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – №3 (270). – С. 16-25.
16. Берлякова О.Г. Использование осадков сточных вод (ОСВ) в рекультивации нарушенных земель / О.Г. Берлякова, Н.Б. Ермак, Л.И. Линдина // Вестник КемГУ. – 2010. – № 1. – С. 33-37.
17. Бобович Б.Б. Переработка промышленных отходов: Учебное издание / Б.Б. Бобович. – "СП Интернет Инжиниринг", 1999. – С. 134-136.
18. Бодрова Е.М. Совместное применение органических и минеральных удобрений / Е.М. Бодрова, З.Д. Озолина. – М., 1965. – 140 с.
19. Большеева Т.Н. Результаты утилизации осадков сточных вод во Владимирской области / Т.Н. Большеева Т.Н., А.Р. Валитова, П.П. Кижаккин, В.А. Касатиков // Агрохимический вестник. – 2006. – №1. – С. 28-29.
20. Большаков В.Н. Экология: Учебник / В.Н. Большаков, В.В. Качак, В.Г. Коберниченко и др. – «Логос», 2005. – С. 46.
21. Борликов Г.М. Эколого-экономические проблемы аграрного землепользования в республике Калмыкия / Г.М. Борликов, Т.И. Бакинова,

А.Г. Зелинский // Юг России: экология, развитие. – 2015. – Т. 10. – № 2. – С. 146-156.

22. Бринчук М.М. Экологическое право: учебник для студ. вузов. 4-е изд. / М.М. Бринчук – М.: Эксмо, 2010. – 670 с.

23. Брыксина Т.С. Влияние свалки бытовых отходов на свойства почвы / Т.С. Брыксина, И.В. Грехова // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сб. мат. LI Междунар. студ. науч.-практ. конф. – Тюмень, 2017. – С. 20-22.

24. Брылов С.А. Охрана окружающей среды / С.А. Брылов. – М.: «Высшая школа», 2000. – С. 214-134.

25. Бубнов А.Г., Гриневич В.И., Кувыкин Н.А. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза. – Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т., 2004. – 260 с.

26. Бурыкин А.М. Изменение свойств и плодородия осадочных пород в отвалах при выветривании и почвообразовании / А.М. Бурыкин // Освоение нарушенных земель. – М., 1976. – С. 56-71.

27. Бурыкин А.М. Темпы почвообразования в техногенных ландшафтах в связи с их рекультивацией / А.М. Бурыкин // Почвоведение. – 1985. – №2. – С. 81-93.

28. Важов В.М. Влияние удобрений на посевные качества семян гречихи / В.М. Важов, А.В. Одинцев, В.Н. Козил // МНКО. – 2014. – № 5 (48). – С. 225-227.

29. Варламова Л.Д. Эколого-агрохимическая оценка и оптимизация применения в качестве удобрений органосодержащих отходов производства: Автореф. дис. д. с.-х. н.: 06.01.04 / Л.Д. Варламова – Саранск, 2007. – 42 с.

30. Васенев И.И. Агроэкологическая оценка характерных для Калужской области старопахотных дерново-подзолистых почв после неоднократного применения свежих и обезвоженных осадков сточных вод / И.И. Васенев, Н.К. Сюняев, Б. Бадарч // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №10. – С. 12-16.

31. Вербицкая Н.В. Использование препарата гуминовой природы для предпосевной обработки семян пшеницы / Н.В. Вербицкая, Е.П. Кондратенко, О.М. Соболева // Вестник КузГТУ. – 2014. – № 3 (103). – С. 128-132.
32. Вермиш Л.П. Пути использования сточных вод в сельскохозяйственной практике // Междунар. с/х журнал. – 1978. – №6. – С. 77-80.
33. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М., 1965. – 374 с.
34. Воробьев А.Е. Основы природопользования: Учебное пособие. – Феникс, 2006. – С.89.
35. Вострова Р.Н. Утилизация осадков сточных вод при рекультивации нарушенных земель / Р.Н. Вострова, В.Л. Лисицин // Водоподготовка и очистка сточных вод населенных мест в XXI веке: Сб. докл. конф. Междунар. Водной Ассоциации. – М., 2010. – 3 с.
36. Газизов Р.Р. Влияние осадков сточных вод на плодородие выщелоченного чернозема и урожайность яровой пшеницы / Р.Р. Газизов, А.Х. Яппаров, Л.М.-Х. Биккинина, И.М. Суханова // Агрохимический вестник. – 2016. – №4. – С. 16-19.
37. Гейнрих Д. Экология / Д. Гейнрих, М. Гергт. – М.: Рыбари, 2003. – С. 67.
38. Герасимова М.И. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / М.И. Герасимова, М.Н. Строганова, Н.В. Можарова, Т.В. Прокофьева // Учебное пособие. – Смоленск: Изд-во «Ойкумена», 2003. – 268 с.
39. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
40. ГН 2.1.7.2511-09 Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.

41. Говорушко С.М. Влияние хозяйственной деятельности на окружающую среду. – Владивосток: Дальнаука, 1999. – 172 с.
42. Голицын А.Н. Основы промышленной экологии: Учебник. – Издательский центр «Академия», 2007. – С. 124.
43. Голомолзин Р.С. Мониторинг и охрана земель с.-х. назначения в Ульяновской области / Р.С. Голомолзин, Н.В. Хвостов, С.Н. Куличков // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2009. – № 1 (8). – С. 18-21.
44. Горовая А.И. Гуминовые вещества: строение, функции, механизм действия, протектор, свойства, экологическая роль / А.И. Горовая, Д.С. Орлов, О.В. Щербенко. – Киев: Наукова думка, 1995. – 303 с.
45. Горлов Д.В. Рекультивация земель на карьерах. – М.: Недра, 1981. – 260 с.
46. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартинформ, 2008. – 49 с.
47. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Стандартинформ, 2007. – 7 с.
48. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений. – М.: Стандартинформ, 2008 – 7 с.
49. ГОСТ Р 52067-2003. Торф для производства питательных грунтов. Технические условия. – М.: Госстандарт России, 2003. – 7 с.
50. ГОСТ Р 53381-2009. Почвы и грунты. Грунты питательные. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2009. – 15 с.
51. ГОСТ 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – М.: Стандартинформ, 2008.
52. ГОСТ Р 54534-2011. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель. – М.: Стандартинформ, 2012. – 12 с.

53. ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2012. – 20 с.
54. ГОСТ Р 54534-2011. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель.
55. ГОСТ 12038-66. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.
56. ГОСТ Р 54000-2010. Удобрения органические, Сапропели, Общие технические условия.
57. Государственный стандарт 17.5.1.02-85. Охрана природы. Классификация для рекультивации нарушенных земель.
58. Грехова И.В. Гуминовый препарат из низинного торфа / И.В. Грехова // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. – № 1. – С. 85-88.
59. Грехова И.В. Реакция яровой пшеницы на применение регуляторов и микроудобрения при протравливании семян / И.В. Грехова, Н.В. Матвеева // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 1(119). – С. 6-8.
60. Грехова И.В. Эффект применения гуминового препарата Росток / И.В. Грехова, И.Д. Комиссаров // Гуминовые вещества в биосфере: Труды 4 Всеросс. конф., г. Москва. – С.-П., 2007. – С. 419-423.
61. Грехова И.В. Эффективность препарата Росток / И.В. Грехова, И.Д. Комиссаров, Л.В. Скуратович // Торф и бизнес. – 2007. – № 3 (9). – С. 19-22.
62. Данилов-Данильян В.И. Экология, охрана природы и экологическая безопасность / В.И. Данилов-Данильян – М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. – С. 619.
63. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов – М.: Книга по Требованию, 2012. – 352 с.
64. Драгунов С.С. Химическая характеристика гуминовых кислот и их физиологическая активность / С.С. Драгунов // Гуминовые удобрения, теория и практика их применения. – Киев: Урожай, 1980. – Том VI. – С. 5-21.
65. Дунсин Ч. Изменение агроэкологических параметров дерново-подзолистой почвы при применении органо-растительного компоста на

основе осадка сточных вод / Ч. Дунсин, В.А. Касатиков, В.А. Раскатов // Известия ТСХА. – 2005. – Вып. 4. – С. 24-31.

66. Жигарева Ю.В. Оценка эффективности применения осадков сточных вод при возделывании картофеля / Ю.В. Жигарева // Вестник АГУ. – 2018. – Вып. 1 (216). – С. 117-122.

67. Жученко А.А. Растениеводство в век биологии и экономики знаний / А.А. Жученко // Вестник РАСХН. – 2006. – № 1. – С. 3-6.

68. Захаров Н.Г. Рекультивация и охрана земель: Учебно-методический комплекс / Н.Г. Захаров. – Ульяновск: Изд-во Ульяновской ГСХА, 2007. – 217 с.

69. Зубкова В.М. Продуктивность и химический состав ячменя при внесении извести, минеральных удобрений и гумата калия / В.М. Зубкова, Н.В. Зубков, Е.Г. Левкина // Зерновое хозяйство. – 2007. – № 5. – С. 12-13.

70. Иванов И.А. Органно-минеральная система удобрения // Земледелие. – 1990. – № 4. – С. 44-45.

71. Ивлев А.М. Техногенное разрушение почв и их воссоздание / А.М. Ивлев, Л.Т. Крупская, А.М. Дербенцева // Учебное пособие. – Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1998 – 68 с.

72. Ивлев А.М. Деградация почв и их рекультивация / А.М. Ивлев, А.М. Дербенцева. – Владивосток: ИД ДВГУ, 2002. – 77 с.

73. Игловиков А.В. Рекультивация и охрана нарушенных земель: учебно-методическое пособие. – Тюмень, 2013. – 172 с.

74. Касатиков В.А. Влияние мелиорантов и осадков сточных вод на миграцию тяжелых металлов в дерново-подзолистой супесчаной почве / В.А. Касатиков, А.И. Еськов, В.А. Черников и др. // Известия ТСХА. – 2003. – №1. – С. 33-43.

75. Касатиков В.А. Экологические и технологические аспекты компостирования осадков сточных вод / В.А. Касатиков, С.Д. Беляева, Н.П. Шабардина // Мат. 7-го Междунар. Конгресса ЭКВАТЭК – 2006. – Т. 2. – С. 833-834.

76. Кирсанова Е.В. Новые элементы технологии возделывания многорядного ячменя сорта Вакула в условиях Орловской области / Е.В. Кирсанова, Л.А. Тиняков, А.К. Злотников // Вестник ОрелГАУ. – 2010. – № 3. – С. 32-35.

77. Кирсанова Е.В. Эффективность защитностимулирующих композиций для обработки семян зерновых, зернобобовых и крупяных культур в условиях Орловской области / Е.В. Кирсанова, Г.А. Борзенкова, Л.А. Тиняков и др. // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – № 4. – С. 39-45.

78. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. – М.: Наука, 1985. – С. 57.

79. Ковылина О.П. Изучение влияния регуляторов роста на прорастание семян лиственницы сибирской / О.П. Ковылина, Н.В. Ковылин, Е.С. Кеня, П.Ш. Познахирко // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2014. – № 38. – С. 93-97.

80. Колесников Б.П. О научных основах биологической рекультивации техногенных ландшафтов / Б.П. Колесников // Проблемы рекультивации в СССР. – Новосибирск, 1974. – С. 12-25.

81. Кононова М.М. Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения / М.М. Кононова. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1951. – 391 с.

82. Котти В.К. Изменение химического состава почвы в результате применения органоминерального удобрения на основе осадка городских сточных вод // Применение удобрений, микроэлементов и регуляторов в сельском хозяйстве. – 1989. – С. 42-45.

83. Кравец А.В. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы гуминовым препаратом из торфа / А.В. Кравец, Л.В. Касимова, Д.Л. Бобровская // Вестник Алтайского ГАУ. – 2011. – № 4 (78). – С. 22-24.

84. Крамарев С.М. Детоксикация техногенно-загрязненных подвижными формами металлов черноземов обыкновенных с помощью природных сорбентов – гуминовых кислот / С.М. Крамарев, Т.Ф. Яковишина,

И.И. Иванов // Дождевые черви и плодородие почв: Мат. 2 Междунар. науч.-практ. конф. – Владимир, 2004. – С. 265-266.

85. Кузнецов В.Л. Экологические проблемы твердых бытовых отходов. Сбор. Ликвидация. Утилизация: Учебное пособие / В.Л. Кузнецов, Н.М. Крапильская, Л.Ф. Юдина. – М.: ИПЦ МИКХиС, 2005. – С. 12-29.

86. Куркова Т.Н. Определение микрограммовых количеств селена в растениях методом атомно-абсорбционной спектроскопии с проточно-инженерным генерированием гибридов / Т.Н. Куркова, Л.Н. Скрыпник // Химическое загрязнение среды обитания и проблемы экологической реабилитации нарушенных экосистем: Сб. мат. II Всерос. науч.-практ. конф. – Пенза, 2004. – С. 100-102.

87. Крючков В.В. Необходимость и возможность рекультивации нарушенных земель на Севере / В.В. Крючков // Освоение Севера и проблемы рекультивации: Докл. 2-й Междунар. конф. – Сыктывкар, 1994. – С. 23-32.

88. Логинов Ю.П. Влияние регулятора роста Гумистим на урожайность и качество клубней раннеспелых сортов картофеля в северной лесостепной зоне Тюменской области / Ю.П. Логинов, А.А. Казак // Вестник ГАУ Северного Зауралья. – 2015. – № 3. – С. 74-78.

89. Мазур И.И. Экология нефтегазового комплекса: Наука. Техника. Экономика. – М., 1993. – 494 с.

90. Мамаев В.В. Влияние гуминовых и минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы / В.В. Мамаев, И.В. Сычева, М.С. Сычев // Агрохимический вестник. – 2015. – № 5. – С. 10-12.

91. Макаров О.А. Опыт оценки влияния гуминовых препаратов на урожайность и качество картофеля / О.А. Макаров, А.А. Степанов, Н.Ф. Черкашина // Агрохимический вестник. – 2016. – № 1. – С. 22-25.

92. Мерзлая Г.Е. Экологическая оценка осадка сточных вод // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. – №4. – С. 24-27.

93. МУ 2.1.7.730-99 Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест.
94. Мерзлая Г.Е. Агроэкологическая оценка использования осадка сточных вод г. Москвы / Н.Е. Мерзлая // Агрохимия. – 2009. – №5. – С. 102-108.
95. Мерзлая Г.Е. Агроэкологический эффект использования осадков сточных вод / Г.Е. Мерзлая, Р.П. Воробьева // Вода: экология и технология: Сб. докл. 7-го Междунар. конгресса ЭКВАТЭК-2006. – Ч. 2. – М., 2006. – С. 763.
96. Мерзляков Л.И. Технология выращивания лука репчатого из семян в Тюменской области / Л.И. Мерзляков, И.И. Козлов // АВУ. – 2012. – № 7 (99). – С. 61-62.
97. Мешков И.И. Влияние гуматов на урожайность озимых культур / И.И. Мешков // Вестник Брянской ГСХА. – 2009. – № 4. – С. 30-33.
98. Моторина Л.В. Промышленность и рекультивация земель / Л.В. Моторина, В.А. Овчинников. – М., 1975. – 240 с.
99. Моторина Л.В. О комплексности в рекультивации / Л.В. Моторина // Рекультивация промышленных пустошей. – М., 1972. – С. 7-19.
100. Моторина Л.В. Проблемы рекультивации земель / Л.В. Моторина // Природа. – 1975. – №4. – С. 62-70.
101. Моторин А.С. Плодородие торфяных почв Западной Сибири / А.С. Моторин. – Новосибирск, 1999. – 284 с.
102. Моторин А.С. Рекультивация выработанных торфяников и пирогенных образований Западной Сибири: учебное пособие / А.С. Моторин. – Тюмень: ГАУСЗ, 2013. – 202 с.
103. Муравин Э.А. Агрохимия / Э.А. Муравин. – М., 2003. – С. 75-85.
104. Назарова Г.В. К вопросу использования отходов в рекультивации нарушенных земель / Г.В. Назарова, В.В. Иванов, Л.Д. Гаврильева и др. // Успехи современного естествознания – 2012. – № 11 (часть 1) – С. 135-136.

105. Наумова Г.В. Новые гуминовые препараты фунгицидного и бактерицидного действия на основе торфа / Г.В. Наумова, Н.А. Жмакова, Т.Ф. Овчинникова и др. // Гуминовые вещества в биосфере: Труды 4 Всерос. конф. – М., 2007. – С. 497-502.
106. Научно-исследовательский отчет по теме «Создание рекультивационной смеси на основе отхода (осадка) водоподготовки при механической очистке природных вод Няганьской ГРЭС и органо-минеральных компонентов». – Тюмень, 2015. – 51 с.
107. Николайкин Н.И. Экология: Учебник для вузов ФГУИПП / Н.И. Николайкин, Н.Е. Николайкина, О.П. Мелехова. – Нижполиграф, 2006. – С. 129-134.
108. Новожилов П.Г. Влияние осадка сточных вод и синтетических моющих средств на нитрификацию и аммонификацию в почве / П.Г. Новожилов // Методы охраны водных ресурсов. – М., 1965. – С. 67.
109. Об Экологической доктрине Российской Федерации: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31.08.2002 N 1225-р.
110. Овчинников В.А. Комплексность исследований по рекультивации земель, нарушаемых карьерами / В.А. Овчинников // Растительность и промышленные загрязнения. – Свердловск, 1970. – Вып. 7. – С. 90-96.
111. Орлов Д.С. Свойства и функции гуминовых веществ / Д.С. Орлов // Гуминовые вещества в биосфере. – М.: Наука, 1993. – С. 18-27.
112. Орлов Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. – М.: Высшая школа, 2005. – 558 с.
113. Отаббонг Э. Влияние городских осадков сточных вод на доступность биогенных элементов в вегетационном эксперименте / Э. Отаббонг, О.С. Якименко, Л.К. Садовникова // Агрохимия. – 2001. – №2. – С. 55-60.
114. Пахненко Е.П. Влияние осадков сточных вод города Улан-Удэ на свойства почвы, продуктивность и качество картофеля / Е.П. Пахненко, А.В.

Ермаков, Л.Л. Убугунов // Вестник Моск. ун-та. – Сер. 17. – Почвоведение. – 2009. – №4. – С. 33-39.

115. Пигарева Т.А. Биологические параметры почв и техногенных субстратов хвостохранилищ предприятия по добыче железной руды / Т.А. Пигарева, Е.В. Абакумов // Теоретическая и прикладная экология. – 2015. – №1. – С. 28-33.

116. Покровская С.Ф. Загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами и его влияние на сельскохозяйственное производство / С.Ф. Покровская // Достиж. с/х науки и практики. – Сер.1. – 1981. – №8. – С. 19-28.

117. Покровская С.Ф. Накопление некоторых тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции и меры по его предотвращению / С.Ф. Покровская // Сельхоз. наука и производство. – Сер.1. – 1987. – №1. – С. 64-75.

118. Помазкова Н.В. Земельные ресурсы и современные проблемы землепользования Забайкальского края / Н.В. Помазкова // Учёные записки ЗабГУ. Серия: Естественные науки. – 2010. – № 1. – С. 60-67.

119. Помогаев Е.Ф. Разработка технологии переработки накопленных осадков сточных вод и их использование с глауконитом в качестве удобрений в условиях орошения: Дис. канд. техн. наук: 06.01.02 / Волгоградский ГАУ – Волгоград, 2011. – 168 с.

120. Попов А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / А.И. Попов. – СПб.: ИД «Санкт-Петербургского ГАУ», 2004. – 248 с.

121. Попов А.И. Действие гуминовых веществ на биохимический состав различных сельскохозяйственных культур / А.И. Попов, М.Ф. Шишова // Сб. науч. трудов Санкт-Петербургского ГАУ. – СПб., 2001. – С. 3-14.

122. Правила охраны окружающей среды от вредного воздействия пестицидов и минеральных удобрений при их применении, хранении и транспортировке (утверждено Министерством природных ресурсов Российской Федерации от 20.12.95 N 521).

123. Прат С. Воздействие гуминовых веществ на растение / С. Прат // Международный конгресс по торфу СССР. – Л., 1963. – С. 1–10.
124. Пронько В.В. Эффективность солей гуминовых кислот при возделывании озимой пшеницы на южных черноземах Поволжья / В.В. Пронько, К.В. Корсаков // Агрохимия. – 2011. – № 8. – С. 51-59.
125. Рауэлиаривуни А.С. Оценка последствий обогащенных ОСВ на дерново-подзолистых супесчаных почвах Владимирской Мещеры / А.С. Рауэлиаривуни, И.И. Васенев, В.А. Касатиков, Н.П. Шабардина // Агрохимический вестник. – 2013. – №2. – С. 42-44.
126. Романова Е.М. Региональные особенности несанкционированных свалок твердых бытовых отходов Ульяновской области / Е.М. Романова, В.Н. Намазова // Вестник АГАУ. – 2008. – № 7. – С. 50-55.
127. Романова Е.М. Экологический мониторинг свалок и полигонов ТБО на примере Ульяновской области / Е.М. Романова, В.Н. Намазова // Вестник УГСХА. – 2007. – № 2 (5). – С. 58-61.
128. Садовникова Л.К. Гуминовые препараты – детоксиканты и регуляторы роста / Л.К. Садовникова, О.С. Якименко, Ю.Н. Богаченко и др. // Дождевые черви и плодородие почв: Мат. 2 Междунар. науч.-практ. конф. – Владимир, 2004. – С. 253-254.
129. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы 2.1.7.1287-03. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. – 19 с.
130. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы и грунтов.
131. Ставровский М. Технология твердых бытовых отходов: Учебник / М. Ставровский, А. Олейник. – Альфа-М, 2011. – С. 56-78.
132. Севостьянов П.С. Осадок из сточных вод как удобрение / П.С. Севостьянов // Матер. конф. по вопросам очистки сточных вод. – М., 1937. – С. 77-85.

133. Седых В.Н. Леса Западной Сибири и нефтегазовый комплекс / В.Н. Седых // Нефть и лес: экологические проблемы. – М., 1997. – Вып. 1. – 36 с.
134. Семилетова Е.В. Государственная экологическая политика России: история развития, текущее состояние и оценка эффективности: учебное пособие / Семилетова Е.В. Киселева С.П. – Москва, ИД ГУУ, 2016, с.
135. Сергиенко Л.И. Агроэкологические особенности применения осадков сточных вод в качестве удобрений / Л.И. Сергиенко, Б.С. Семенов, Н.А. Мосиенко, В.П. Тянь, Н.П. Никольди // Аграрная наука. – 1993. – №6. – С. 29-30.
136. Сметанин В.И. Рекультивация и обустройство нарушенных земель / В.И. Сметанин. – М.: Колос, 2003. – 96 с.
137. Сметанин В.И. Результаты исследования физико-механических свойств смесей осадка сточных вод с грунтами и фосфогипсом для использования их в качестве рекультивантов / В.И. Сметанин, В.Н. Земсков // Вестник МГСУ. – 2013. – № 6. – С. 204-213.
138. Солнцева Н.П. Общие закономерности трансформации почв в районах добычи нефти / Н.П. Солнцева // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М., 1988. – С. 23-42.
139. Стом Д.Н. Влияние гумата «Rowhumus» на токсичность тяжелых металлов и ароматических углеводородов / Д.Н. Стом, Д.О. Таран, Д.С. Потапов // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2006. – №6 (52). – С. 170-172.
140. Тарчевский В.В. Классификация промышленных отходов / В.В. Тарчевский // Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале. – Свердловск, 1970. – Вып. 7. – С. 84-89.
141. Тетиор А. Городская экология / А. Тетиор. – Издательский центр «Академия», 2008. – С. 80-85.
142. Тиньгаев А.В. Оценка влияния осадка сточных вод на урожай зерна и микробиологическую активность почвы / А.В. Тиньгаев // Агрохимический вестник. – 2010. – № 4. – С. 38-40.

143. Тотай А.В. Экология: Учебное пособие / А.В. Тотай, А.В. Корсаков. – М., «Юрайт», 2011. – С. 68-69.
144. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод / И.С. Туровский – Стройиздат, 1982. – С. 8.
145. Хабарова Т.В. Агроэкологическая эффективность использования осадка сточных вод и вермикомпостов в агроценозе овса посевного / Т.В. Хабарова, Д.В. Виноградов, Б.И. Кочуров, В.И. Левин, Н.В. Бышов // Юг России: экология, развитие. – 2018. – Т. 13. – №2. – С. 132-143.
146. Христева Л.А. Стимулирующее влияние гуминовой кислоты на рост растений / Л.А. Христева // Гуминовые удобрения: теория и практика их применения. – Харьков, 1957. – Т. 1. – С. 95-108.
147. Христева Л.А. К природе действия физиологически активных веществ на растения в экстремальных условиях / Л.А. Христева // Гуминовые удобрения: теория и практика их применения. – Днепропетровск, 1977. – Т. 4. – С. 5-23.
148. Чеботарев Н.Т. Агроэкологическая оценка применения осадков сточных вод в качестве удобрений сельскохозяйственных культур / Н.Т. Чеботарев, Н.Д. Найденов, А.А. Юдин // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. – 2016. – №1-2. – С. 31-36.
149. Чекаев Н.П. Изменение свойств чернозема выщелоченного под действием компостов из осадков сточных вод / Н.П. Чекаев // Нива Поволжья. – 2010. – №1 (14). – С. 31-34.
150. Черногоров А.Л. Агроэкологическая оценка земель и оптимизация землепользования. – М.: Изд-во МГУ, 2012. – 268 с.
151. Черникова, В.А. Агроэкология. – М: КолосС, 2000. – 67 с.
152. Чибрик Т.С. Основы биологической рекультивации / Т.С. Чибрик. – Екатеринбург, 2002. – 172 с.
153. Чуков С.Н. Структурно-функциональные параметры органического вещества почв в условиях антропогенного воздействия / С.Н. Чуков. – СПб.: ИД Санкт-Петербургского ГАУ, 2001. – 216 с.

154. Шамардина Ю.А. Агроэкологические аспекты применения биологических препаратов на основе гуминовых кислот при возделывании ячменя в условиях центрального черноземья: Автореф. дис. канд. с.-х. наук: 03.00.16, 06.01.09 / Ю.А. Шамардина. – Курск, 2006. – 16 с.
155. Шаяхметов И.Т. Защитно-стимулирующие и адаптогенные свойства препарата ГУМИ – биоактивированной формы гуминовых кислот. Эффективность его использования в сельском хозяйстве / И.Т. Шаяхметов, В.И. Кузнецов, Ш.Я. Гилязетдинов. – Уфа, 2000. – 102 с.
156. Шевцов Н.М. Внутрипочвенная очистка и утилизация сточных вод / Н.М. Шевцов. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 5.
157. Шубов Л.Я. Технологии отходов (Технологические процессы в сервисе): Учебник / Л.Я. Шубов, М.Е. Ставронский, Д.В. Шехирев. – ГОУВПО «МГУС», 2006. – С. 56.
158. Ягодин Б.А. Агрохимия / Б.А. Ягодин. – М., 1982. – С. 110-127.
159. Arguile R.T. Reclamation five industrial sites in the east midlans // J. Inst. Munic. Eng. – 1971.Vol. 98, N 6. – P. 110-118.
160. Bruning E. Zur Frage der Rekultivierbarkaittertiaren Robboden open des braunkohlenta-gebaus // Sb. I. Internationales Symposium. – Leipzig, 1962. – P. 325-359.
161. Illner K., Lorenz W. Das Domsdorferverfahren zur Wiedernitzbarmschung von Kippen and Halden des Braunkohlenbergbaues. – Berlin, 1965. – P. 312-340.
162. Kenneth J.S. Reclamation mined coal lands in Eastern Oklahoma // Okl. Ceal. Notes. – 1971. – Vol. 31. – N 6. – P. 111-123.
163. Knabe W. Methode and resutat of strip-mine reclamation in Germany // The Ohio Journal of Science. – 1964. – Vol. 64. – N 2. – P. 75-82.
164. Stys S., Dimitrovsky K., Jonas F., a kol. Rekultivaceuzemipostizenychtezbounderostnychsurovin. – Praha, 1981. – 712 p.

165. Verordnung zum Schutz des Land – und forstwirtschaftlichen Grunt und Boden und zur Sicherung der sozialistischen Bodennutzung // Gbl. – 1965. – Bd. II. – P. 233.

166. <http://ecologylib.ru>

167. <http://tyumen.rfn.ru/rnews.html?id=48335>

168. <http://promeco.h1.ru/tezis/2002belnoch-vorobjova2.shtml>

169. <http://dic.academic.ru>

ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение А – Нормы содержания вредных примесей в питательных
грунтах (ГОСТ Р 53381-2009)**

Наименование показателя	Значение
<p>Массовая концентрация примесей токсичных элементов (валовое содержание и подвижные формы), в том числе отдельных элементов, мг/кг сухого вещества, не более*:</p> <p>Валовое содержание</p> <ul style="list-style-type: none"> - свинца - кадмия - ртути - никеля - мышьяка - цинка - меди <p>Подвижные формы</p> <ul style="list-style-type: none"> - свинца - цинка - меди - никеля - хрома (III) 	<p>Ниже или на уровне норм, установленных Роспотребнадзором</p> <p>130,0</p> <p>2,0</p> <p>2,1</p> <p>80,0</p> <p>10,0</p> <p>220,0</p> <p>132,0</p> <p>6,0</p> <p>23,0</p> <p>3,0</p> <p>4,0</p> <p>6,0</p>
<p>Массовая концентрация остаточных количеств пестицидов в сухом веществе, в том числе отдельных их видов, мг/кг сухого вещества, не более:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ГХЦГ (сумма изомеров) - ДДТ и его метаболиты (суммарные количества) 	<p>0,1</p> <p>0,1</p>
Эффективная удельная активность естественных радионуклидов, Бк/кг сухого вещества, не более	300
Удельная эффективная активность техногенных радионуклидов (ACs/45+ASr/30), относительные единицы, не более	1
Массовая концентрация бенз(а)пирена, мг/кг сухого вещества, не более	0,02
<p>Массовая концентрация хлорбифенилов, мг/кг сухого вещества, не более, в т.ч.</p> <ul style="list-style-type: none"> - полихлорбифенилы - пентахлорбифенилы - трихлорбифенилы 	<p>0,06</p> <p>0,1</p> <p>0,1</p>
<p>Индекс санитарно-показательных микроорганизмов, кл./г:</p> <ul style="list-style-type: none"> - колиформы - энтеробактерии 	<p>1-9</p> <p>1-9</p>
Наличие патогенных и болезнетворных микроорганизмов, кл./г, в том числе энтеробактерий (патогенных серовариантов кишечной палочки, сальмонелл, протеи), энтерококков (стафилококков, клостридий, бацилл, энтеровирусов)	не допускается
Наличие жизнеспособных яиц и личинок гельминтов, экз./кг, в том числе нематод (аскаридат, трихоцефалов, стронгилят, стронгилоидов), трематод, цестод	не допускается
Цисты кишечных патогенных простейших, экз./100 г	не допускается
Наличие личинок и куколок синантропных мух, экз./кг	не допускается
* Определение содержания токсичных веществ проводится не реже одного раза в год	

Приложение Б – Содержание микробиологических показателей грунтов
согласно нормам, установленных Роспотребнадзором

Индекс санитарно-показательных микроорганизмов	Норматив	Т:С (2:1)+ Росток	П:С (1:3)+ Росток	Т:П:С (1:1:3)+ Росток	Т:С (1:4)+ Росток
- колиформы (КОЕ/г)	1-9	не выделено	не выделено	не выделено	не выделено
- энтеробактерии (КОЕ/г)	1-9	не выделено	не выделено	не выделено	не выделено
Наличие патогенных и болезнетворных микроорганизмов, в т. ч. энтеробактерий, энтерококков, кл./г	не допускается	не выделено	не выделено	не выделено	не выделено
Наличие жизнеспособных яиц и личинок гельминтов, в т.ч. нематод, трематод, цестод, экз./кг	не допускается	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Цисты кишечных патогенных простейших, экз./100 г	не допускается	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Наличие личинок и куколок синантропных мух, экз./кг	не допускается	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены

Приложение В – Энергия прорастания и всхожесть семян тест-культуры

Вариант	Повторности						Ср.	± к контролю	
	1	2	3	4	5	6		%	отн. %
Энергия прорастания, %									
Почва контроль	80	89	89	86	84	93	87	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	93	90	96	94	96	96	94	7	8
Почва+ОСВ (5 т/га)	86	84	76	86	94	90	86	-1	-1
Почва+ОСВ (25 т/га)	80	86	70	77	90	86	82	-5	-6
Почва+ОСВ (50 т/га)	73	73	53	87	60	60	68	-19	-22
НСР ₀₅								8,7	
Всхожесть, %									
Почва контроль	89	95	95	93	96	98	94	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	100	100	100	93	100	96	98	4	4
Почва+ОСВ (5 т/га)	90	93	83	86	96	90	90	-4	-4
Почва+ОСВ (25 т/га)	90	96	96	96	100	96	96	2	2
Почва+ОСВ (50 т/га)	100	93	93	100	100	100	98	4	4
НСР ₀₅								4,2	

**Приложение Г – Биометрические показатели корневой системы
тест-культуры**

Вариант	Повторности						Ср.	± к контролю	
	1	2	3	4	5	6		ед. изм.	%
Число корешков, шт.									
Почва контроль	4,6	4,8	4,9	4,8	4,9	4,8	4,8	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	5,0	5,0	4,9	5,0	5,0	4,9	5,0	0,2	4,0
Почва+ОСВ (5 т/га)	5,0	5,2	5,6	5,5	5,4	5,1	5,3	0,5	10,0
Почва+ОСВ (25 т/га)	5,0	5,0	5,0	4,9	5,0	4,9	5,0	0,2	4,0
Почва+ОСВ (50 т/га)	5,0	5,0	5,0	5,0	4,9	5,0	5,0	0,2	4,0
НСР ₀₅								0,28	
Длина корневой системы, мм									
Почва контроль	128,3	138,7	131,4	133,9	131,7	132,7	132,8	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	140,6	129,4	147,1	139,9	137,6	139,6	139,0	6,2	5,0
Почва+ОСВ (5 т/га)	122,4	108,8	109,2	109,1	112,6	119,6	113,5	-19,3	-15,0
Почва+ОСВ (25 т/га)	101,0	86,6	85,5	90,9	89,0	97,1	91,0	-41,8	-31,0
Почва+ОСВ (50 т/га)	91,6	94,6	93,6	92,9	93,6	91,7	93,3	-39,5	-30,0
НСР ₀₅								12,76	
Масса корневой системы, г									
Почва контроль	0,24	0,26	0,28	0,25	0,23	0,30	0,26	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	0,33	0,29	0,34	0,30	0,32	0,32	0,32	0,06	23,0
Почва+ОСВ (5 т/га)	0,23	0,24	0,24	0,20	0,27	0,25	0,24	-0,02	-8,0
Почва+ОСВ (25 т/га)	0,23	0,28	0,27	0,25	0,26	0,26	0,26	0,0	0,0
Почва+ОСВ (50 т/га)	0,30	0,22	0,28	0,26	0,28	0,26	0,27	0,01	4,0
НСР ₀₅								0,05	

Приложение Д – Биометрические показатели надземной части тест-культуры

Вариант	Повторности						Ср.	± к контролю	
	1	2	3	4	5	6		ед. изм.	%
Длина растения, мм									
Почва контроль	165,3	167,5	160,2	164,9	163,6	164,8	164,3	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	140,6	129,4	147,1	139,6	138,0	138,7	139,0	-25,3	-15
Почва+ОСВ (5 т/га)	168,8	190,9	204,0	186,9	179,0	201,5	187,9	23,6	14
Почва+ОСВ (25 т/га)	134,3	113,9	107,5	126,8	116,0	105,8	118,6	-24,7	-15
Почва+ОСВ (50 т/га)	111,6	114,5	93,6	110,4	113,4	95,7	106,6	-57,7	-35
НСР ₀₅								30,04	
Масса надземной части растений, г									
Почва контроль	1,71	1,81	1,88	1,79	1,80	1,72	1,80	-	-
Почва+ОСВ (3,5 т/га)	1,98	1,97	2,20	2,00	1,99	2,17	2,05	0,25	14
Почва+ОСВ (5 т/га)	1,83	1,94	2,06	1,98	1,82	2,03	1,94	0,14	8
Почва+ОСВ (25 т/га)	1,72	1,99	1,88	1,97	2,00	1,68	1,86	0,06	3
Почва+ОСВ (50 т/га)	1,13	1,06	1,02	1,08	1,03	1,10	1,07	-0,73	-47
НСР ₀₅								0,2	

Приложение Е – Энергия прорастания и всхожесть семян тест-культуры

Вариант	Повторности						Среднее
	1	2	3	4	5	6	
Энергия прорастания, %							
Почва (контроль 1)	83	92	81	88	87	85	86
ОСВ (контроль 2)	40	68	57	56	57	53	55
ОСВ+торф (3:1)	40	40	27	33	67	33	40
Почва+ОСВ (3:1)	33	27	20	20	20	27	25
Почва+торф+ОСВ (2:1:1)	73	80	60	73	60	60	68
НСР ₀₅							11,1
Всхожесть, %							
Почва (контроль 1)	86	95	93	97	87	100	93
ОСВ (контроль 2)	93	100	93	100	93	100	97
ОСВ+торф (3:1)	80	87	93	87	73	93	86
Почва+ОСВ (3:1)	93	87	93	93	87	93	91
Почва+торф+ОСВ (2:1:1)	93	100	87	93	87	93	92
НСР ₀₅							6,2

Приложение Ж – Биометрические показатели корневой системы
тест-культуры

Вариант	Повторности						Среднее
	1	2	3	4	5	6	
Число корешков, шт.							
Почва (контроль 1)	4,2	4,5	4,8	4,4	4,5	4,5	4,5
ОСВ (контроль 2)	5,1	5,3	5,4	5,2	5,3	5,2	5,3
ОСВ+торф (3:1)	4,3	4,2	4,4	4,4	4,2	4,4	4,3
Почва+ОСВ (3:1)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,1	5,0	5,0
Почва+торф+ОСВ (2:1:1)	5,2	5,0	5,0	5,0	4,9	5,0	5,1
НСР ₀₅							0,22
Длина корневой системы, мм							
Почва (контроль 1)	115,2	137,4	127,6	114,2	131,1	122,8	124,6
ОСВ (контроль 2)	28,1	40,3	26,8	27,5	39,8	27,3	31,7
ОСВ+торф (3:1)	31,8	29,9	21,9	30,8	28,7	21,6	27,9
Почва+ОСВ (3:1)	71,4	82,1	78,0	77,0	76,9	79,6	77,2
Почва+торф+ОСВ (2:1:1)	109,2	121,5	111,9	108,3	120,6	113,4	114,2
НСР ₀₅							11,9
Масса корневой системы на 14 сутки, г							
Почва (контроль 1)	0,20	0,21	0,23	0,21	0,23	0,24	0,24
ОСВ (контроль 2)	0,15	0,15	0,15	0,14	0,15	0,16	0,15
ОСВ+торф (3:1)	0,17	0,19	0,16	0,16	0,15	0,16	0,17
Почва+ОСВ (3:1)	0,35	0,26	0,28	0,30	0,27	0,29	0,30
Почва+торф+ОСВ (2:1:1)	0,48	0,47	0,52	0,50	0,49	0,48	0,49
НСР ₀₅							0,05

Приложение 3 – Биометрические показатели надземной части растений
тест-культуры

Вариант	Повторности						Среднее
	1	2	3	4	5	6	
Длина растений, мм							
Почва (контроль 1)	177,8	178,0	159,6	176,8	177,0	160,9	176,5
ОСВ (контроль 2)	84,5	127,1	111,3	80,0	130,9	114,5	107,6
ОСВ+торф (3:1)	113,6	82,1	87,4	11,8	83,8	86,5	94,4
Почва+ОСВ (3:1)	166,4	154,8	142,7	165,0	156,3	144,8	154,6
Почва+торф+ОСВ (2:1:1)	191,9	175,7	183,9	190,7	177,4	182,6	183,8
НСР ₀₅							25,92
Масса надземной части растений, г							
Почва (контроль 1)	1,69	1,85	2,07	1,84	2,04	1,71	1,87
ОСВ (контроль 2)	1,67	1,88	1,70	1,74	1,80	1,69	1,75
ОСВ+торф (3:1)	1,68	1,87	1,50	1,75	1,49	1,84	1,68
Почва+ОСВ (3:1)	2,35	2,17	2,07	2,19	2,21	2,20	2,20
Почва+торф+ОСВ (2:1:1)	2,90	2,85	3,01	3,00	2,96	2,80	2,92
НСР ₀₅							0,24

Приложение И – Энергия прорастания и всхожесть семян тест-культуры

Вариант	Повторности				Ср.	± к контролю	
	1	2	3	4		%	отн. %
Энергия прорастания, %							
Почва (контроль)	73,3	66,6	66,6	60,0	66,6	-	-
ОСВ:торф (1:1)	73,3	86,6	60,0	73,3	73,3	6,7	10,1
ОСВ:торф (1:2)	80,0	93,3	80,0	73,3	81,6	15,0	22,5
ОСВ:торф (1:3)	73,3	73,3	66,6	73,3	71,6	5,0	7,5
ОСВ:торф (1:4)	66,6	73,3	66,6	66,6	68,2	1,7	2,5
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	73,3	60,0	66,6	66,6	66,6	-	-
ОСВ:песок:торф (1:1:3)	66,6	73,3	73,3	66,6	69,9	3,3	4,9
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	73,3	73,3	73,3	66,6	71,6	5,0	7,5
НСР ₀₅						2,7	
Всхожесть, %							
Почва (контроль)	100,0	93,3	100,0	93,3	96,6	-	-
ОСВ:торф (1:1)	100,0	100,0	93,3	93,3	96,6	-	-
ОСВ:торф (1:2)	100,0	100,0	100,0	93,3	98,3	1,7	1,8
ОСВ:торф (1:3)	93,3	100,0	100,0	93,3	96,6	-	-
ОСВ:торф (1:4)	93,3	100,0	93,3	100,0	96,6	-	-
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	100,0	100,0	100,0	93,3	98,3	1,7	1,8
ОСВ:песок:торф (1:1:3)	86,6	100,0	100,0	93,3	94,9	-1,7	1,8
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	100,0	100,0	93,3	100,0	98,3	1,7	1,8
НСР ₀₅						1,3	

Приложение К – Биометрические показатели корневой системы тест-культуры

Вариант	Повторности				Ср.	± к контролю	
	1	2	3	4		ед. изм.	%
Число корешков, шт.							
Почва (контроль)	3,9	3,8	3,6	3,8	3,8	-	-
ОСВ:торф (1:1)	3,7	3,6	3,4	3,3	3,5	-0,3	7,9
ОСВ:торф (1:2)	3,5	3,2	3,3	3,6	3,4	-0,4	10,5
ОСВ:торф (1:3)	3,7	3,6	3,9	3,7	3,7	-0,1	2,6
ОСВ:торф (1:4)	3,7	3,9	3,7	3,9	3,8	-	-
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	3,6	3,8	3,6	3,6	3,6	-0,2	5,3
ОСВ:песок:торф (1:1:3)	3,9	3,8	3,8	3,6	3,8	-	-
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	3,7	3,9	3,8	3,6	3,7	-0,1	2,6
НСР ₀₅						0,12	
Длина корневой системы, мм							
Почва (контроль)	160,9	157,5	155,7	153,9	157,0	-	-
ОСВ:торф (1:1)	119,8	110,2	97,4	105,9	108,3	-48,7	31,0
ОСВ:торф (1:2)	126,5	129,2	129,7	135,4	130,2	-26,8	17,1
ОСВ:торф (1:3)	152,8	159,9	159,3	155,4	158,1	1,1	0,7
ОСВ:торф (1:4)	169,2	161,8	154,5	160,3	161,5	4,5	2,9
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	159,4	157,8	154,8	158,5	157,6	0,6	0,4
ОСВ:песок:торф (1:1:3)	156,8	155,7	152,6	149,8	153,7	-3,3	2,1
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	165,5	159,5	162,9	161,0	162,2	5,2	3,3
НСР ₀₅						0,38	
Масса корневой системы, г							
Почва (контроль)	1,61	1,54	1,56	1,58	1,57	-	-
ОСВ:торф (1:1)	1,98	1,67	1,58	1,66	1,72	0,15	9,6
ОСВ:торф (1:2)	1,71	1,64	1,69	1,62	1,66	0,09	5,7
ОСВ:торф (1:3)	1,62	1,73	1,71	1,67	1,68	0,11	7,16
ОСВ:торф (1:4)	1,58	1,74	1,69	1,81	1,70	0,13	8,28
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	1,56	1,64	1,59	1,57	1,59	0,02	1,27
ОСВ:песок:торф (1:1:3)	1,69	1,58	1,56	1,61	1,61	0,04	2,50
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	1,85	1,93	1,89	1,95	1,91	0,34	21,6
НСР ₀₅						0,44	

Приложение Л – Биометрические показатели надземной части растений
тест-культуры

Вариант	Повторности				Ср.	± к контролю	
	1	2	3	4		ед. изм.	%
Длина растений, мм							
Почва (контроль)	220,9	228,1	225,3	223,0	224,3	-	-
ОСВ:торф (1:1)	269,8	277,2	266,1	247,3	265,1	40,8	18,2
ОСВ:торф (1:2)	263,1	246,7	241,9	246,3	249,5	25,2	11,2
ОСВ:торф (1:3)	226,3	234,1	238,5	240,9	234,9	10,6	4,7
ОСВ:торф (1:4)	249,2	253,1	239,3	253,4	248,7	24,4	10,9
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	248,5	249,0	242,5	251,2	247,8	23,5	10,5
ОСВ:песок:торф (1:1:3)	236,5	225,5	228,6	250,1	235,2	10,9	4,8
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	232,1	231,6	235,3	238,7	234,4	10,1	4,5
НСР ₀₅						2,3	
Масса надземной части растений, г							
Почва (контроль)	2,89	2,98	2,82	2,78	2,86	-	-
ОСВ:торф (1:1)	3,78	3,33	3,72	3,41	3,60	0,74	25,9
ОСВ:торф (1:2)	3,89	3,91	3,50	3,84	3,80	0,94	32,9
ОСВ:торф (1:3)	2,93	3,18	2,91	2,68	2,93	0,07	2,45
ОСВ:торф (1:4)	2,89	2,96	2,97	2,96	2,95	0,09	3,15
ОСВ:песок:торф (1:1:2)	2,99	2,86	3,02	2,89	2,94	0,08	2,79
ОСВ:песок:торф (1:1:3)	2,65	2,59	2,58	2,56	2,59	-0,26	9,26
ОСВ:песок:торф (1:2:2)	2,69	2,76	2,79	2,63	2,71	-0,14	4,98
НСР ₀₅						0,53	

Приложение М – Энергия прорастания и всхожесть семян тест-культуры

Вариант	Повторности				Среднее
	1	2	3	4	
Энергия прорастания, %					
Почва (контроль №1)	66,6	60,0	66,6	66,6	64,9
Торф (контроль №2)	86,6	80,0	80,0	86,6	83,3
Сапропель (контроль №3)	86,6	93,3	93,3	86,6	89,9
Торф:сапропель (1:1,5)	80,0	86,6	80,0	80,0	81,6
Торф:сапропель (2:1)	93,3	93,3	86,6	86,6	89,9
Торф:сапропель (1:3)	80,0	80,0	86,6	80,0	81,6
Торф:сапропель (1:4)	80,0	80,0	80,0	86,6	81,6
Песок: сапропель (1: 3)	73,3	73,3	80,0	73,3	74,9
Песок: сапропель (1: 4)	80,0	86,6	80,0	80,0	81,6
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	80,0	86,6	93,3	80,0	85,0
НСР ₀₅					6,5
Всхожесть, %					
Почва (контроль №1)	86,6	80,0	93,3	86,6	86,6
Торф (контроль №2)	100,0	100,0	100,0	93,3	98,3
Сапропель (контроль №3)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Торф:сапропель (1:1,5)	86,6	93,3	86,6	93,3	89,9
Торф:сапропель (2:1)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Торф:сапропель (1:3)	93,3	86,6	93,3	93,3	91,6
Торф:сапропель (1:4)	100,0	100,0	93,3	100,0	98,3
Песок:сапропель (1: 3)	93,3	100,0	93,3	100,0	96,6
Песок:сапропель (1: 4)	100,0	93,3	93,3	93,3	94,9
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	100,0	93,3	100,0	100,0	98,3
НСР ₀₅					4,7

Приложение Н – Число корешков и длина корневой системы тест-культуры

Вариант	Повторности				Среднее
	1	2	3	4	
Число корешков, шт.					
Почва (контроль №1)	4,2	4,0	4,1	4,0	4,1
Торф (контроль №2)	4,2	4,1	4,1	4,3	4,2
Сапропель (контроль №3)	4,3	4,2	4,2	4,2	4,2
Торф:сапропель (1:1,5)	4,2	4,0	4,1	4,0	4,1
Торф:сапропель (2:1)	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2
Торф:сапропель (1:3)	4,1	4,0	4,1	4,1	4,1
Торф:сапропель (1:4)	4,3	4,3	4,2	4,4	4,3
Песок:сапропель (1: 3)	4,5	4,4	4,4	4,4	4,4
Песок:сапропель (1: 4)	4,4	4,4	4,2	4,3	4,3
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	4,4	4,5	4,3	4,4	4,4
НСР ₀₅					0,21
Длина корневой системы, мм					
Почва (контроль №1)	158,2	162,7	160,8	157,9	159,9
Торф (контроль №2)	182,3	179,0	181,9	182,6	181,4
Сапропель (контроль №3)	203,1	209,8	200,1	206,7	204,9
Торф:сапропель (1:1,5)	170,4	168,3	172,7	169,5	170,2
Торф:сапропель (2:1)	176,8	176,9	177,0	177,0	177,7
Торф:сапропель (1:3)	177,3	175,9	172,8	173,6	174,9
Торф:сапропель (1:4)	234,5	235,6	232,8	234,9	234,4
Песок:сапропель (1: 3)	249,5	246,7	247,9	248,0	248,0
Песок:сапропель (1: 4)	242,2	248,9	248,4	247,9	246,8
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	233,7	231,3	229,0	230,9	231,2
НСР ₀₅					7,9

Приложение О – Масса корневой системы тест-культуры, г

Вариант	Повторности				Средняя
	1	2	3	4	
Почва (контроль)	0,21	0,19	0,17	0,19	0,19
Торф (контроль№1)	0,28	0,29	0,29	0,26	0,28
Сапропель (контроль№2)	0,33	0,35	0,31	0,33	0,33
Торф:сапропель (1:1,5)	0,28	0,27	0,27	0,28	0,27
Торф:сапропель (2:1)	0,29	0,27	0,29	0,29	0,28
Торф:сапропель (1:3)	0,28	0,26	0,29	0,27	0,27
Торф:сапропель (1:4)	0,36	0,34	0,36	0,35	0,35
Песок: сапропель (1: 3)	0,39	0,38	0,39	0,40	0,39
Песок: сапропель (1: 4)	0,42	0,39	0,41	0,42	0,41
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	0,35	0,35	0,36	0,37	0,36
НСР ₀₅					0,11

Приложение П – Биометрические параметры надземной части растений
тест-культуры

Вариант	Повторности				Среднее
	1	2	3	4	
Длина растений, мм					
Почва (контроль №1)	233,9	226,8	230,1	234,0	231,7
Торф (контроль №2)	245,6	248,1	248,6	245,2	246,9
Сапропель (контроль №3)	253,6	260,9	255,3	251,9	255,4
Торф:сапропель (1:1,5)	220,1	216,6	219,3	222,8	219,7
Торф:сапропель (2:1)	218,8	216,9	217,5	215,7	217,2
Торф:сапропель (1:3)	215,6	217,7	219,3	216,0	217,1
Торф:сапропель (1:4)	247,8	245,1	243,4	249,9	246,5
Песок: сапропель (1: 3)	236,4	234,9	231,3	233,4	234,0
Песок: сапропель (1: 4)	239,1	236,8	234,6	239,6	237,5
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	245,6	244,4	246,8	246,1	245,7
НСР ₀₅					11,6
Масса надземной части растений, г					
Почва (контроль №1)	1,15	1,10	1,13	1,14	1,13
Торф (контроль №2)	1,36	1,38	1,32	1,37	1,35
Сапропель (контроль №3)	1,42	1,49	1,46	1,45	1,45
Торф:сапропель (1:1,5)	1,33	1,29	1,30	1,31	1,31
Торф:сапропель (2:1)	1,25	1,34	1,36	1,35	1,35
Торф:сапропель (1:3)	1,30	1,28	1,30	1,31	1,30
Торф:сапропель (1:4)	1,32	1,30	1,31	1,30	1,31
Песок:сапропель (1: 3)	1,22	1,26	1,23	1,24	1,24
Песок:сапропель (1: 4)	1,27	1,25	1,25	1,28	1,26
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	1,49	1,48	1,49	1,46	1,48
НСР ₀₅					0,15

Приложение Р – Энергия прорастания и всхожесть семян тест-культуры

Вариант	Повторности				Среднее
	1	2	3	4	
Энергия прорастания, %					
Почва (контроль)	66,6	60,0	66,6	66,6	64,9
Песок: сапропель (1:3)	73,3	73,3	80,0	73,3	74,9
Песок: сапропель (1:3)+Росток	86,6	93,3	86,6	93,3	89,9
Торф:сапропель(1:4)	80,0	80,0	80,0	86,6	81,6
Торф:сапропель (1:4)+Росток	93,3	86,6	80,0	80,0	85,0
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	80,0	86,6	93,3	80,0	85,0
Торф:песок:сапропель (1:1:3)+Росток	86,6	93,3	86,6	93,3	90,0
НСР ₀₅					4,5
Всхожесть, %					
Почва (контроль)	86,6	80,0	93,3	86,6	86,6
Песок: сапропель (1:3)	93,3	100,0	93,3	100,0	96,6
Песок: сапропель (1:3)+Росток	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Торф:сапропель(1:4)	100,0	100,0	93,3	100,0	98,3
Торф:сапропель (1:4)+Росток	100,0	100,0	100,0	93,3	98,3
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	100,0	93,3	100,0	100,0	98,3
Торф:песок:сапропель (1:1:3)+Росток	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
НСР ₀₅					2,3

Приложение С – Биометрические параметры корневой системы растений
тест-культуры

Вариант	Повторности				Среднее
	1	2	3	4	
Число корешков, шт.					
Почва (контроль)	4,2	4,0	4,1	4,0	4,1
Песок: сапропель (1:3)	4,5	4,4	4,4	4,4	4,4
Песок: сапропель (1:3)+Росток	4,3	4,5	4,4	4,3	4,4
Торф:сапропель(1:4)	4,3	4,3	4,2	4,4	4,3
Торф:сапропель (1:4)+Росток	4,3	4,5	4,4	4,3	4,4
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	4,4	4,5	4,3	4,4	4,4
Торф:песок:сапропель (1:1:3)+Росток	4,5	4,4	4,3	4,3	4,4
НСР ₀₅					0,18
Длина корневой системы, мм					
Почва (контроль)	158,2	162,7	160,8	157,9	159,9
Песок: сапропель (1:3)	249,5	246,7	247,9	248,0	248,0
Песок: сапропель (1:3)+Росток	252,6	248,7	249,0	248,1	249,6
Торф:сапропель(1:4)	234,5	235,6	232,8	234,9	234,4
Торф:сапропель (1:4)+Росток	245,9	246,3	246,1	245,4	245,9
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	233,7	231,3	229,0	230,9	231,2
Торф:песок:сапропель (1:1:3)+Росток	247,9	247,3	246,8	245,4	246,8
НСР ₀₅					4,9
Масса корневой системы, г					
Почва (контроль)	0,21	0,19	0,17	0,19	0,19
Песок: сапропель (1:3)	0,39	0,38	0,39	0,40	0,39
Песок: сапропель (1:3)+Росток	0,40	0,39	0,41	0,39	0,40
Торф:сапропель(1:4)	0,36	0,34	0,36	0,35	0,35
Торф:сапропель (1:4)+Росток	0,39	0,38	0,38	0,40	0,39
Торф:песок:сапропель (1:1:3)	0,35	0,35	0,36	0,37	0,36
Торф:песок:сапропель (1:1:3)+Росток	0,41	0,42	0,39	0,41	0,41
НСР ₀₅					0,19

Приложение Т – Биометрические параметры надземной части растений
тест-культуры

Вариант	Повторности				Среднее
	1	2	3	4	
Длина растений, мм					
Почва (контроль)	233,9	226,8	230,1	234,0	231,7
Песок: сапрпель (1:3)	236,4	234,9	231,3	233,4	234,0
Песок: сапрпель (1:3)+Росток	246,3	245,5	246,8	248,3	246,7
Торф:сапрпель(1:4)	247,8	245,1	243,4	249,9	246,5
Торф:сапрпель (1:4)+Росток	248,0	249,9	249,5	248,7	249,0
Торф:песок:сапрпель (1:1:3)	245,6	244,4	246,8	246,1	245,7
Торф:песок:сапрпель (1:1:3)+Росток	258,9	259,8	260,1	257,8	259,1
НСР ₀₅					9,8
Масса надземной части растений, г					
Почва (контроль)	1,15	1,10	1,13	1,14	1,13
Песок: сапрпель (1:3)	1,22	1,26	1,23	1,24	1,24
Песок: сапрпель (1:3)+Росток	1,31	1,30	1,35	1,30	1,31
Торф:сапрпель(1:4)	1,32	1,30	1,31	1,30	1,31
Торф:сапрпель (1:4)+Росток	1,32	1,30	1,35	1,33	1,33
Торф:песок:сапрпель (1:1:3)	1,49	1,48	1,49	1,46	1,48
Торф:песок:сапрпель (1:1:3)+Росток	1,46	1,49	1,47	1,50	1,48
НСР ₀₅					0,06

Приложение У – Энергия прорастания и всхожесть семян тест-культуры

Вариант	Повторности			Среднее	± к контролю	
	1	2	3		%	отн. %
Энергия прорастания, %						
Контроль (сапропель)	33,3	40,0	40,0	37,8	-	-
Сапропель+Росток, 25 мл	53,3	60,0	46,6	53,3	15,5	41,0
Сапропель+Росток, 10 мл	46,6	46,6	40,0	44,4	6,6	17,5
Сапропель+Росток, 5 мл	53,3	53,3	46,6	51,1	13,3	35,2
Сапропель+Росток, 1 мл	53,3	60,0	60,0	57,8	20,0	52,9
НСР ₀₅					7,8	
Всхожесть, %						
Контроль (сапропель)	60,0	66,6	66,6	64,4	-	-
Сапропель+Росток, 25 мл	86,6	80,0	86,6	84,4	20,0	31,1
Сапропель+Росток, 10 мл	66,6	73,3	73,3	71,1	6,7	10,4
Сапропель+Росток, 5 мл	73,3	80,0	80,0	77,8	13,4	20,8
Сапропель+Росток, 1 мл	86,6	93,3	93,3	91,1	26,7	41,5
НСР ₀₅					9,8	

Приложение Ф – Биометрические параметры корневой системы растений тест-культуры

Вариант	Повторности			Среднее	± к контролю	
	1	2	3		ед. изм.	%
Число корешков, шт.						
Контроль (сапропель)	4,0	4,1	4,0	4,0	-	-
Сапропель+Росток, 25 мл	4,6	4,8	4,8	4,7	0,7	17,5
Сапропель+Росток, 10 мл	4,7	4,6	4,6	4,6	0,6	15,0
Сапропель+Росток, 5 мл	5,0	4,8	4,9	4,9	0,9	22,5
Сапропель+Росток, 1 мл	5,1	5,2	4,9	5,1	1,1	27,5
НСР ₀₅					0,37	
Длина корневой системы, мм						
Контроль (сапропель)	123,9	135,1	128,8	129,3	-	-
Сапропель+Росток, 25 мл	161,8	170,8	169,0	167,2	37,9	29,3
Сапропель+Росток, 10 мл	160,4	169,1	163,7	164,4	35,1	27,1
Сапропель+Росток, 5 мл	161,1	160,0	168,3	163,1	33,8	26,1
Сапропель+Росток, 1 мл	176,3	178,1	180,9	178,4	49,1	37,9
НСР ₀₅					17,9	
Масса корневой системы, г						
Контроль (сапропель)	0,46	0,54	0,60	0,53	-	-
Сапропель+Росток, 25 мл	0,85	0,91	0,96	0,91	0,38	71,7
Сапропель+Росток, 10 мл	0,88	0,90	0,98	0,92	0,39	73,6
Сапропель+Росток, 5 мл	0,92	0,92	0,95	0,93	0,40	75,5
Сапропель+Росток, 1 мл	1,02	1,12	1,05	1,06	0,53	100,0
НСР ₀₅					0,09	

Приложение X – Биометрические параметры надземной части растений
тест-культуры

Вариант	Повторности			Среднее	± к контролю	
	1	2	3		ед. изм.	%
Длина растений, мм						
Контроль (сапропель)	130,9	137,6	141,1	136,2	-	-
Сапропель+Росток, 25 мл	220,1	235,2	235,8	230,4	94,2	69,2
Сапропель+Росток, 10 мл	215,4	231,0	238,7	228,4	92,2	67,7
Сапропель+Росток, 5 мл	228,3	220,9	216,7	222,0	85,8	63,0
Сапропель+Росток, 1 мл	248,5	241,8	245,6	245,3	109,1	80,1
НСР ₀₅					51,9	
Масса надземной части растений, г						
Контроль (сапропель)	0,76	0,84	0,72	0,77	-	-
Сапропель+Росток, 25 мл	1,22	1,20	1,15	1,19	0,42	54,5
Сапропель+Росток, 10 мл	1,23	1,31	1,38	1,31	0,54	70,1
Сапропель+Росток, 5 мл	1,53	1,48	1,49	1,50	0,73	94,8
Сапропель+Росток, 1 мл	1,80	1,95	1,86	1,87	1,10	142,8
НСР ₀₅					0,21	

Приложение Ч – Энергия прорастания и всхожесть семян тест-культуры

Вариант	Повторности				Среднее
	1	2	3	4	
Энергия прорастания, %					
Почва пашни (контроль)	66,6	60,0	66,6	66,6	64,9
Грунт состав 1 (сапропель+Росток)	86,6	93,3	93,3	93,3	89,9
Грунт состав 2 (торф:сапропель, 2:1+Росток)	93,3	93,3	86,6	86,6	89,9
Грунт состав 3 (песок:сапропель, 1:3+Росток)	86,6	93,3	86,6	93,3	89,9
Грунт состав 4 (торф:песок:сапропель, 1:1:3+Росток)	80,0	86,6	93,3	80,0	85,0
Грунт состав 5 (торф:сапропель, 1:4+Росток)	80,0	86,6	80,0	80,0	81,6
НСР ₀₅					6,5
Всхожесть, %					
Почва пашни (контроль)	86,6	80,0	93,3	86,6	86,6
Грунт состав 1 (сапропель+Росток)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Грунт состав 2 (торф:сапропель, 2:1+Росток)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Грунт состав 3 (песок:сапропель, 1:3+Росток)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Грунт состав 4 (торф:песок:сапропель, 1:1:3+Росток)	100,0	100,0	93,3	100,0	98,3
Грунт состав 5 (торф:сапропель, 1:4+Росток)	100,0	93,3	100,0	100,0	98,3
НСР ₀₅					4,7

Приложение III – Биометрические параметры корневой системы растений
тест-культуры

Вариант	Повторности				Среднее
	1	2	3	4	
Число корешков, шт.					
Почва пашни (контроль)	4,2	4,0	4,1	4,0	4,1
Грунт состав 1 (сапропель+Росток)	4,2	4,1	4,1	4,3	4,2
Грунт состав 2 (торф:сапропель, 2:1+Росток)	4,3	4,2	4,2	4,2	4,2
Грунт состав 3 (песок:сапропель, 1:3+Росток)	4,5	4,4	4,4	4,4	4,4
Грунт состав 4 (торф:песок:сапропель, 1:1:3+Росток)	4,4	4,5	4,3	4,4	4,4
Грунт состав 5 (торф:сапропель, 1:4+Росток)	4,3	4,3	4,2	4,4	4,3
НСР ₀₅					0,21
Длина корневой системы, мм					
Почва пашни (контроль)	158,2	162,7	160,8	157,9	159,9
Грунт состав 1 (сапропель+Росток)	203,1	209,8	200,1	206,7	204,9
Грунт состав 2 (торф:сапропель, 2:1+Росток)	176,8	176,9	177,0	177,0	177,7
Грунт состав 3 (песок:сапропель, 1:3+Росток)	245,9	246,3	246,1	245,4	245,9
Грунт состав 4 (торф:песок:сапропель, 1:1:3+Росток)	233,7	231,3	229,0	230,9	231,2
Грунт состав 5 (торф:сапропель, 1:4+Росток)	234,5	235,6	232,8	234,9	234,4
НСР ₀₅					7,9

Приложение Ц – Масса корневой системы растений тест-культуры, г

Вариант	Повторности				Среднее
	1	2	3	4	
Почва пашни (контроль)	0,21	0,19	0,17	0,19	0,19
Грунт состав 1 (сапропель+Росток)	0,33	0,35	0,31	0,33	0,33
Грунт состав 2 (торф:сапропель, 2:1+Росток)	0,29	0,27	0,29	0,29	0,28
Грунт состав 3 (песок:сапропель, 1:3+Росток)	0,42	0,39	0,41	0,42	0,41
Грунт состав 4 (торф:песок:сапропель, 1:1:3+Росток)	0,35	0,35	0,36	0,37	0,36
Грунт состав 5 (торф:сапропель, 1:4+Росток)	0,36	0,34	0,36	0,35	0,35
НСР ₀₅					0,11

Приложение Э – Биометрические параметры надземной части растений
тест-культуры

Вариант	Повторности				Среднее
	1	2	3	4	
Длина растений, мм					
Почва пашни (контроль)	233,9	226,8	230,1	234,0	231,7
Грунт состав 1 (сапропель+Росток)	253,6	260,9	255,3	251,9	255,4
Грунт состав 2 (торф:сапропель, 2:1+Росток)	218,8	216,9	217,5	215,7	217,2
Грунт состав 3 (песок:сапропель, 1:3+Росток)	247,8	245,1	243,4	249,9	246,5
Грунт состав 4 (торф:песок:сапропель, 1:1:3+Росток)	245,6	244,4	246,8	246,1	245,7
Грунт состав 5 (торф:сапропель, 1:4+Росток)	246,3	245,5	246,8	248,3	246,7
НСР ₀₅					11,6
Масса надземной части растений, г					
Почва пашни (контроль)	1,15	1,10	1,13	1,14	1,13
Грунт состав 1 (сапропель+Росток)	1,42	1,49	1,46	1,45	1,45
Грунт состав 2 (торф:сапропель, 2:1+Росток)	1,25	1,34	1,36	1,35	1,35
Грунт состав 3 (песок:сапропель, 1:3+Росток)	1,33	1,29	1,30	1,31	1,31
Грунт состав 4 (торф:песок:сапропель, 1:1:3+Росток)	1,49	1,48	1,49	1,46	1,48
Грунт состав 5 (торф:сапропель, 1:4+Росток)	1,32	1,30	1,31	1,30	1,31
НСР ₀₅					0,15

Приложение Ю – Энергия прорастания и всхожесть семян тест-культуры

Вариант	Повторности				Среднее	± к контролю	
	1	2	3	4		%	отн. %
Энергия прорастания, %							
Контроль	46,6	46,6	40,0	46,6	44,9	-	-
Аминокислота	46,6	53,3	53,3	46,6	49,9	5,0	11,1
Хелат аминокислоты	53,3	60,0	53,3	53,3	54,9	10,0	22,3
Фульвокислота	46,6	53,3	46,6	53,3	49,9	5,0	11,1
Фульват калия	53,3	60,0	60,0	53,3	56,7	11,8	26,3
НСР ⁰⁵						3,6	
Всхожесть, %							
Контроль	80,0	86,6	80,0	73,3	79,9	-	-
Аминокислота	93,3	86,6	86,6	100,0	91,6	11,7	14,6
Хелат аминокислоты	93,3	80,0	80,0	80,0	83,3	3,4	4,2
Фульвокислота	93,3	80,0	86,6	86,6	86,6	6,7	8,4
Фульват калия	93,3	80,0	80,0	86,6	84,9	5,0	6,3
НСР ⁰⁵						2,9	

**Приложение Я – Биометрические параметры корневой системы растений
тест-культуры**

Вариант	Повторности				Среднее	± к контролю	
	1	2	3	4		ед. изм.	%
Число корешков, шт.							
Контроль	4,5	4,6	4,6	4,6	4,6	-	-
Аминокислота	4,7	4,6	4,7	4,5	4,6	-	-
Хелат аминокислоты	4,7	4,7	4,8	4,6	4,6	-	-
Фульвокислота	5,0	4,9	4,7	4,9	4,9	0,3	6,5
Фульват калия	4,8	4,7	4,7	4,6	4,7	0,1	2,2
НСР ⁰⁵						0,1	
Длина корневой системы, мм							
Контроль	152,3	145,1	148,2	145,1	147,7	-	-
Аминокислота	190,3	195,2	190,2	191,8	191,9	44,2	29,9
Хелат аминокислоты	186,1	187,6	189,3	187,7	187,7	39,9	27,1
Фульвокислота	183,3	180,2	182,9	181,6	182,0	34,3	23,2
Фульват калия	194,6	193,1	190,9	193,4	193,0	45,3	30,7
НСР ⁰⁵						18,4	
Масса корневой системы, г							
Контроль	1,56	1,58	1,62	1,65	1,60	-	-
Аминокислота	1,69	1,74	1,76	1,71	1,72	0,12	7,5
Хелат аминокислоты	1,67	1,69	1,66	1,67	1,67	0,7	4,4
Фульвокислота	1,57	1,62	1,60	1,64	1,61	0,1	0,6
Фульват калия	1,77	1,75	1,78	1,74	1,76	0,16	10,0
НСР ⁰⁵						0,9	

**Приложение АА – Биометрические параметры надземной части растений
тест-культуры**

Вариант	Повторности				Среднее	± к контролю	
	1	2	3	4		ед. изм.	%
Длина растений, мм							
Контроль	258,8	262,1	261,1	260,7	260,7	-	-
Аминокислота	284,7	282,5	281,3	286,5	283,8	22,6	8,9
Хелат аминокислоты	275,5	280,3	280,3	278,4	278,6	17,9	6,9
Фульвокислота	282,3	284,7	280,3	281,3	282,2	21,5	8,3
Фульват калия	292,1	290,1	289,9	291,2	290,8	30,1	11,5
НСР ⁰⁵						12,7	
Масса надземной части растений, г							
Контроль	2,67	2,71	2,62	2,50	2,62	-	-
Аминокислота	2,96	3,01	2,98	2,97	2,98	0,36	13,7
Хелат аминокислоты	2,96	2,97	2,95	2,96	2,96	0,34	12,9
Фульвокислота	2,89	2,85	2,87	2,84	2,86	0,24	9,2
Фульват калия	3,0	2,99	2,94	2,94	2,97	0,35	13,4
НСР ⁰⁵						0,2	

Приложение АБ – Энергия прорастания и всхожесть семян тест-культуры

Вариант	Повторности				Ср.	± к контролю	
	1	2	3	4		%	отн. %
Энергия прорастания, %							
Контроль (вода)	40,0	26,7	33,3	26,7	31,7	-	-
Росток	66,7	73,3	66,7	60,0	68,3	36,6	115,5
Precede	53,3	53,3	60,0	66,7	58,3	26,6	83,9
Гумиам	53,3	60,0	53,3	46,7	53,3	21,6	68,1
НСР ₀₅						5,8	
Всхожесть, %							
Контроль (вода)	86,7	60,0	66,7	60,0	68,4	-	-
Росток	80,0	86,7	73,3	80,0	80,0	11,6	17,0
Precede	80,0	86,7	66,7	80,0	78,4	10,0	14,6
Гумиам	80,0	53,3	60,0	73,3	66,7	-1,7	-2,5
НСР ₀₅						3,3	

**Приложение АВ – Биометрические параметры корневой системы растений
тест-культуры**

Вариант	Повторности				Ср.	± к контролю	
	1	2	3	4		ед. изм.	%
Число корешков, шт.							
Контроль (вода)	3,5	3,2	3,4	3,6	3,4	-	-
Росток	4,0	4,1	3,9	3,9	4,0	0,6	17,6
Precede	3,5	3,6	3,8	3,8	3,7	0,3	8,8
Гумиам	3,7	3,5	3,2	3,6	3,5	0,1	2,9
НСР ₀₅						0,11	
Длина корневой системы, мм							
Контроль (вода)	150,5	169,9	161,8	155,1	159,3	-	-
Росток	210,8	205,2	197,5	195,9	202,4	43,1	27,1
Precede	209,5	200,1	200,9	197,8	202,1	42,8	26,9
Гумиам	200,9	201,5	195,3	191,9	197,4	38,1	23,9
НСР ₀₅						1,07	
Масса корневой системы на 14-е сутки, г							
Контроль (вода)	0,80	0,76	0,98	0,85	0,85	-	-
Росток	1,20	1,38	1,42	1,18	1,30	0,45	52,9
Precede	1,10	1,99	1,00	1,20	1,32	0,47	55,3
Гумиам	1,10	0,95	0,98	1,01	1,01	0,16	18,8
НСР ₀₅						0,09	

**Приложение АГ – Биометрические параметры надземной части растений
тест-культуры**

Вариант	Повторности				Ср.	± к контролю	
	1	2	3	4		ед. изм.	%
Длина растений, мм							
Контроль (вода)	181,7	190,5	185,6	189,9	186,9	-	-
Росток	250,8	260,7	262,3	258,7	258,1	71,2	38,1
Precede	215,6	220,8	230,3	210,7	219,4	32,5	17,4
Гумиам	209,3	210,4	200,0	199,9	204,9	18,0	9,6
HCP ₀₅						1,65	
Масса надземной части растений, г							
Контроль (вода)	1,68	1,70	1,86	1,90	1,79	-	-
Росток	3,30	3,12	3,70	3,69	3,45	1,66	92,7
Precede	2,20	2,19	2,45	2,01	2,21	0,42	23,5
Гумиам	1,91	1,59	1,97	1,79	1,82	0,03	1,7
HCP ₀₅						0,19	

Приложение АД – Энергия прорастания и всхожесть семян тест-культуры

Вариант	Обработка семян	Повторности			Среднее	± к контролю	
		1	2	3		%	отн. %
Энергия прорастания, %							
Почва пашни (контроль)	Вода (контроль)	73,3	100,0	80,0	84,4	-	-
	Росток	100,0	100,0	96,6	98,9	+14,5	+17,2
Почва свалки	Вода	80,0	86,6	60,0	75,5	-8,9	-10,5
	Росток	100,0	93,3	86,6	93,3	+8,9	+10,5
Почва свалки+ грунт	Вода	100,0	93,3	100,0	97,8	+13,4	+15,9
	Росток	93,3	100,0	100,0	97,8	+13,4	+15,9
НСР ₀₅						1,9	
Всхожесть, %							
Почва пашни (контроль)	Вода (контроль)	100,0	100,0	86,6	95,5	-	-
	Росток	100,0	100,0	93,3	97,7	+2,2	+2,3
Почва свалки	Вода	86,6	86,6	80,0	84,4	-11,1	-11,6
	Росток	100,0	93,3	93,3	95,5	0,0	0,0
Почва свалки+ грунт	Вода	100,0	100,0	100,0	100,0	+4,5	+4,7
	Росток	100,0	100,0	100,0	100,0	+4,5	+4,7
НСР ₀₅						1,3	

Приложение АЕ – Биометрические параметры корневой системы растений
тест-культуры

Вариант	Обработка семян	Повторности			Среднее	± к контролю	
		1	2	3		ед. изм.	%
Число корешков, шт.							
Почва пашни (контроль)	Вода (контроль)	4,6	4,7	4,7	4,6	-	-
	Росток	4,6	4,8	4,9	4,8	+0,2	+4,3
Почва свалки	Вода	4,6	4,6	4,7	4,6	-	-
	Росток	4,9	4,8	4,9	4,9	+0,3	+6,5
Почва свалки+ грунт	Вода	4,9	4,8	4,9	4,9	+0,3	+6,5
	Росток	5,0	4,9	4,9	4,9	+0,3	+6,5
НСР ₀₅						0,42	
Длина корневой системы, мм							
Почва пашни (контроль)	Вода (контроль)	162,3	159,6	158,3	160,1	-	-
	Росток	189,3	193,3	195,9	192,8	+32,7	+20,4
Почва свалки	Вода	151,5	158,8	160,3	156,9	-3,2	-1,9
	Росток	203,3	198,9	196,8	199,6	+39,5	+24,7
Почва свалки+ грунт	Вода	158,3	159,4	162,4	160,0	-0,1	-0.1
	Росток	207,8	213,9	206,9	209,5	+49,4	+30,8
НСР ₀₅						8,5	
Масса корневой системы, г							
Почва пашни (контроль)	Вода (контроль)	0,27	0,28	0,26	0,27	-	-
	Росток	0,30	0,34	0,37	0,34	+0,07	+25,9
Почва свалки	Вода	0,25	0,19	0,21	0,22	-0,05	-18,5
	Росток	0,36	0,35	0,36	0,36	+0,09	+33,3
Почва свалки+ грунт	Вода	0,30	0,31	0,34	0,32	+0,04	+14,8
	Росток	0,36	0,37	0,36	0,36	+0,09	+33,3
НСР ₀₅						0,07	

Приложение АЖ – Биометрические параметры корневой системы растений
тест-культуры

Вариант	Обработка семян	Повторности			Среднее	± к контролю	
		1	2	3		ед. изм.	%
Длина растений, мм							
Почва пашни (контроль)	Вода (контроль)	188,4	194,5	189,4	190,1	-	-
	Росток	222,0	211,9	228,4	220,8	+30,7	+16, 1
Почва свалки	Вода	183,0	180,9	179,2	181,0	-9,1	-4,8
	Росток	248,3	241,2	247,6	245,7	+55,6	+29, 2
Почва свалки+ грунт	Вода	234,9	231,7	227,1	231,2	+41,1	+21, 6
	Росток	249,5	241,4	244,1	245,0	+54,9	+28, 9
НСР ₀₅						18,04	
Масса растений, г							
Почва пашни (контроль)	Вода (контроль)	0,47	0,48	0,46	0,47	-	-
	Росток	0,58	0,61	0,59	0,59	+0,12	+25, 5
Почва свалки	Вода	0,41	0,38	0,38	0,39	-0,08	-17,0
	Росток	0,73	0,72	0,74	0,73	+0,26	+55, 3
Почва свалки+ грунт	Вода	0,60	0,61	0,62	0,61	+0,14	+29, 8
	Росток	0,70	0,68	0,69	0,69	+0,22	+46, 8
НСР ₀₅						0,04	