

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)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой  
степени кандидата биологических наук

**Тюмень – 2022**

Работа выполнена на кафедре общей химии им. проф. И.Д. Комиссарова  
ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»

**Научный  
руководитель:** доктор биологических наук, профессор  
кафедры общей химии им. проф. И.Д.  
Комиссарова ФГБОУ ВО «Государственный  
аграрный университет Северного Зауралья»  
**Грехова Ираида Владимировна**

**Официальные  
оппоненты:** **Андроханов Владимир Алексеевич**  
доктор биологических наук, заведующий  
лабораторией рекультивации почв, директор  
ФГБУН Института почвоведения и агрохимии  
СО РАН

**Гаевая Елена Викторовна**  
кандидат биологических наук, доцент,  
профессор кафедры техносферной  
безопасности ФГБОУ ВО «Тюменский  
индустриальный университет»

**Ведущая  
организация:** **ФГБОУ ВО «Пермский государственный  
национальный исследовательский  
университет»**

Защита диссертации состоится «28» сентября 2022 г. в 10-00 на заседании  
диссертационного совета Д 999.114.02 при ФГБОУ ВО «Государственный  
аграрный университет Северного Зауралья» по адресу: 625003, г. Тюмень, ул.  
Республики, 7.

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

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного  
аграрного университета Северного Зауралья и на сайте университета [http://  
www.tsaa.ru](http://www.tsaa.ru)

Автореферат разослан «25» июля 2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор с.-х. наук

Турсумбекова Галина Шалкаровна

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность.** На очистных сооружениях объем осадка сточных вод (ОСВ) постоянно возрастает, что приводит к увеличению нагрузки на иловые карты. В настоящее время стоит проблема его утилизации. Осадки можно использовать в качестве грунтов для биологической рекультивации земель, т.к. в них содержатся органические вещества, макро- и микроэлементы, необходимые для развития растений (Ивлеев, 2002). При уничтожении или загрязнении почвенного покрова образуются техногенные ландшафты, на которых замедлены процессы самовосстановления. К настоящему времени собран большой экспериментальный материал о негативном влиянии техногенных ландшафтов на окружающую среду (Берлакова, 2010). Снизить или ликвидировать негативные экологические последствия техногенных ландшафтов можно посредством той или иной технологии рекультивации: насыпка плодородных грунтов (Ивлеев, 2002), закрепление поверхности травянистым покровом (Акимов, 2001), снятие плодородного слоя с последующим его использованием для рекультивации.

Одним из путей ликвидации негативного экологического последствия является применение питательных грунтов, которые решают две задачи – почвоулучшение для задернения рекультивируемой поверхности и экологически рациональную утилизацию осадка сточных вод (Арчегова, 1998). Экологическая оценка разработанных грунтов на основе осадка сточных вод, сапропеля в сочетании с торфом и песком в разных соотношениях по массе компонентов для рекультивации нарушенных земель является актуальной темой.

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

### **Задачи исследований:**

1. Установить возможность использования осадка сточных вод в качестве органического удобрения и в составе грунтов для биологической рекультивации нарушенных земель;
2. Выявить оптимальные соотношения компонентов при создании грунтов на основе осадка сточных вод и сапропеля;
3. Определить влияние осадка сточных вод на агрохимические свойства почвы и содержание тяжелых металлов в почве и растениях;
4. Провести оценку влияния гуминовых удобрений на рост и развитие тест-культуры;
5. Установить возможность применения разработанных грунтов и гуминового удобрения для биологической рекультивации загрязненной тяжелыми металлами почвы.

**Научная новизна.** 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 работы и публикации.** 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) и др.; на Всероссийской науч.-практ. конф. «Устойчивое развитие территорий: теория и практика» (Сибай, 2016).

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

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

**Структура работы.** 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; разработаны и обоснованы теоретические и практические положения диссертационной работы, выводы и рекомендации.

**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.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **1 Осадок сточных вод и гуминовые удобрения в биологической рекультивации нарушенных земель (обзор литературы)**

В первой главе представлен обзор публикаций отечественных и зарубежных авторов: свойства и состав осадков сточных вод, применение и технологии утилизации ОСВ на очистных сооружениях, содержание и детоксикация тяжелых металлов в ОСВ, состав и свойства применяемых компонентов входящих в состав грунтов, влияние гуминовых препаратов на растения, почву и содержание в них тяжелых металлов, биологическая рекультивация нарушенных земель.

### **2 Объекты, условия и методика проведения исследований**

**2.1 Объекты исследования.** Для создания грунтов использовали в качестве компонентов осадок сточных вод, находившийся на иловых картах Тюменских очистных сооружений в течение трёх лет; торф низинный со степенью разложения 60%, сапрпель с о. Непряк Ялуторовского района и

песок. В качестве загрязненной почвы использована почва свалки твердых и жидких бытовых отходов д. Верховино Свердловской области со слоя 0-20 см.

**2.2 Условия и методика проведения исследований.** Изучение действия осадка сточных вод, разработанных грунтов и регуляторов роста и развития растений проводили в вегетационных опытах методом проростков в 2012-2020 гг. в лаборатории 1 корпуса ГАУ Северного Зауралья, обустроенной всем необходимым оборудованием для проведения вегетационного опыта. Тест-культура – семена яровой пшеницы сорта Иргина и Скэнт. Почва – тёмно-серая лесная с содержанием гумуса 5,4%. В качестве сосудов использовали стаканы емкостью 500 мл. Семена замачивали на сутки в чашках Петри и высевали по 15 шт. на сосуд, которые помещали в климатостат на 14 суток.

Валовое содержание и подвижные формы тяжелых металлов определяли 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 элементов в проростках устанавливали по показателям для грубых и сочных кормов.

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.

*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: 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: 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: 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.).*

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).

Во втором и третьем опытах доза препарата Росток рассчитана на 500 г грунта. В четвертом опыте в состав выделившихся грунтов добавили препарат Росток в дозе 2 мл/кг.

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 опыта 4.1: 1. Контроль (вода), 2. Образец №1 – аминокислота, 3. Образец №2 – хелат аминокислоты, 4. Образец №3 – фульвокислота, 5. Образец №4 – фульват калия.

Схема опыта 4.2: 1. Контроль (вода), 2. Росток, 3. PreCede™, 4. Гумиам.

*Вегетационные опыты № 5 «Биологическая рекультивация загрязненной тяжелыми металлами почвы свалки» (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.

Схема опыта 5.2: 1. Почва пашни (контроль), 2. Загрязненная ТМ почва свалки, 3. Загрязненная ТМ почва свалки+грунт (сапропель, 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.

### 3 Применение осадка сточных вод в качестве органического удобрения

**3.1 Влияние осадка сточных вод на растения.** Энергия прорастания повысилась при внесении ОСВ в дозе 3,5 т/га на 8% и существенно снизилась на 22% при внесении в почву осадка в дозе 50 т/га. На всхожесть изучаемые дозы осадка не оказали существенного влияния. По числу корешков существенно превышал контроль вариант с внесением осадка в дозе 5 т/га. На всех вариантах, кроме дозы 3,5 т/га, по сравнению с контролем наблюдалось существенное уменьшение длины корневой системы проростков на 15-32%. Длину растений существенно снизила доза осадка 50 т/га на 45% (рис. 1).

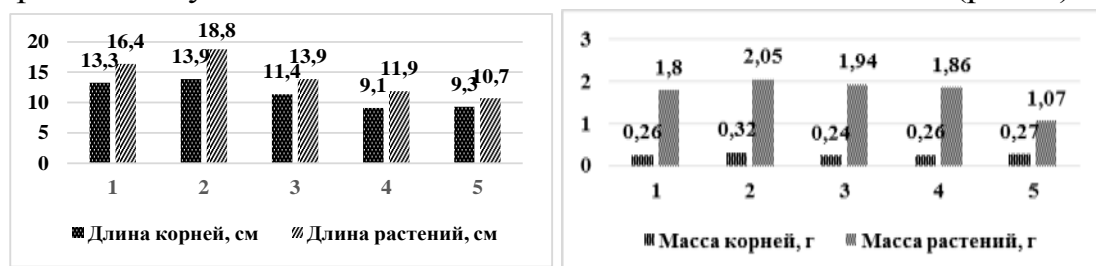


Рис. 1 – Влияние осадка сточных вод на корневую систему и надземную часть растений тест-культуры: 1 – почва пашни (контроль), 2 – почва+ОСВ (3,5 т/га), 3 – почва+ОСВ (5 т/га), 4 – почва+ОСВ (25 т/га), 5 – почва+ОСВ (50 т/га)

При внесении высоких доз ОСВ масса корневой системы снижалась. Вариант с внесением осадка в дозе 3,5 т/га существенно превышал контроль по массе корней и массе растений на 23 и 14%. Внесение дозы 50 т/га отрицательно сказалось на массе надземной части растений, снижение на 41%.

Повторно был проведен опыт с дозами 3,5 и 5 т/га. 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.** На содержание тяжелых металлов были исследованы образцы почвы и растений контроля и доз осадка 3,5 и 5 т/га. Внесенный осадок увеличивал валовое содержание в почве цинка: доза 3,5 т/г – на 28%, доза 5 т/га – на 93%. На содержание меди, свинца, никеля, хрома в почве и растениях изучаемые дозы не оказали существенного влияния. Осадок в дозе 5 т/га повышал валовое содержание кадмия на 47%, что превышало ПДК. Все внесенные дозы осадка увеличивали содержание ртути в почве и растениях, а мышьяка – в почве, но не превышали ПДК. В растениях на контроле и на изучаемых вариантах содержание свинца, хрома и кадмия выше максимально допустимого уровня.

**3.3 Влияние осадка сточных вод на агрохимические показатели почвы.** Внесение в почву осадка сточных вод в дозах 25 и 50 т/га отрицательно сказалось на развитии тест-культуры, поэтому агрохимические показатели определяли только в почве при внесении ОСВ в дозах 3,5 и 5 т/га. В ОСВ повышенное содержание гумуса – 7,7%. В почве контроля среднее содержание

гумуса – 5,4%. Гидролитическая кислотность у ОСВ 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 контроля. Изменения в содержании гумуса при внесении осадка в дозах 3,5 и 5 т/га не значительны. Кислотность ОСВ слабая, почвы контроля – нейтральная. При добавлении осадка к почве реакция среды остается нейтральной. Внесение в почву осадка в дозах 3,5 и 5 т/га не значительно снижало обменную поглотительную способность почвы.

#### 4 Определение оптимального соотношения осадка сточных вод с компонентами в грунтах

**4.1 Влияние грунтов разного состава на растения.** При изучении разного соотношения ОСВ с торфом и почвой (опыт 2.1) установлено, что на всех вариантах наблюдалось снижение энергии прорастания на 21-71% по сравнению с контролем. Всхожесть снизилась только при смешивании осадка с торфом в соотношении 3:1. Число корешков повысилось на всех изучаемых вариантах на 6-13%, кроме смеси осадка с торфом – снижение на 9%. Осадок и смесь осадка с торфом особенно негативно повлияли на длину корневой системы, уменьшение составило 75 и 78%. Масса корневой системы повысилась 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 (рис. 2).

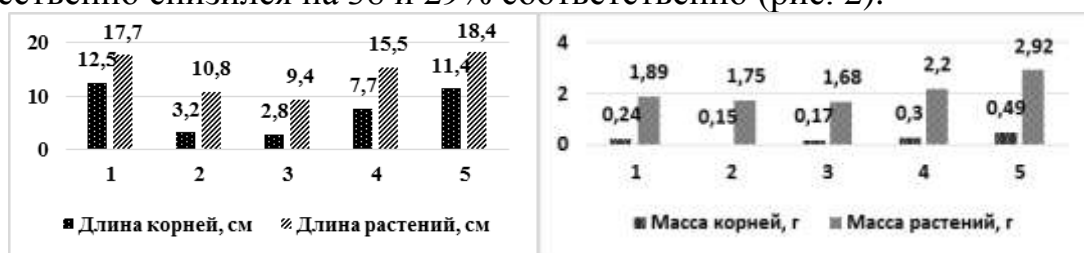


Рис. 2 – Влияние грунтов на корневую и надземные части растений тест-культуры: 1 – почва пашни (контроль), 2 – ОСВ, 3 – ОСВ:торф (3:1), 4 – почва:ОСВ (3:1), 5 – почва:торф:ОСВ (2:1:1)

Положительно повлиял на длину растений только один грунт: смесь почва:торф:осадок (2:1:1) – повышение на 4%, не различие с контролем не существенно. Существенно снизили данный показатель осадок и смесь осадка с торфом на 39 и 47% соответственно. На этих вариантах понизилась и масса надземной части растений на 7 и 11%, но различие с контролем не существенно. Масса растений существенно повысилась на вариантах почва:осадок и почва:торф:осадок на 16 и 54%.

При подборе соотношения компонентов (опыт 2.2) установлено, что длина и масса корней превышали контроль при смешивании осадка с торфом в соотношении 1:3 и 1:4, с песком и торфов в соотношении 1:1:2 и 1:2:2 (рис. 3).

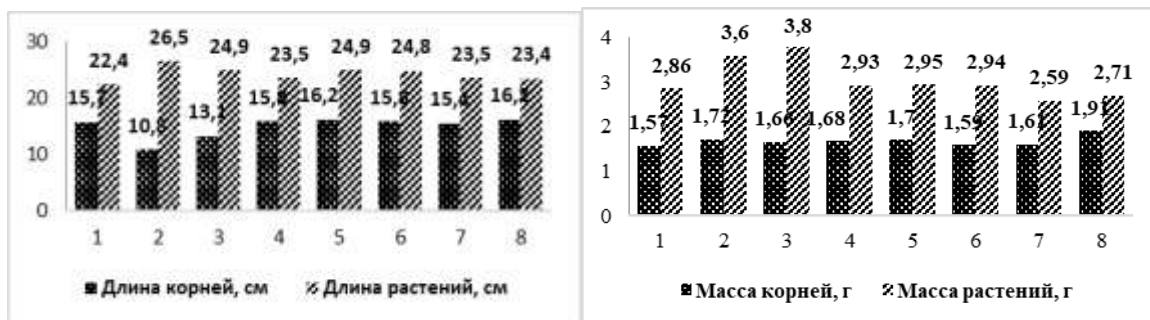


Рис. 3 – Влияние грунтов на корневую и надземные части растений тест-культуры: 1 – почва пашни (контроль), 2 – ОСВ:торф (1:1), 3 – ОСВ:торф (1:2), 4 – ОСВ:торф (1:3), 5 – ОСВ:торф (1:4), 6 – ОСВ:песок:торф (1:1:2), 7 – ОСВ:песок:торф (1:1:3), 8 – ОСВ:песок:торф (1:2:2)

Смешивание ОСВ в соотношении 3:1 с гуминовым препаратом Natural humic acids и сапропелем (опыт 2.3) не снизило негативное действие ОСВ на корневую систему растений.

**4.2 Влияние разного состава грунтов на содержание тяжелых металлов в почве и растениях.** Осадок и смесь осадка с торфом (опыт 2.1) превышали ПДК по валовому содержанию и содержанию подвижных форм цинка, меди, свинца и кадмия. Все изучаемые варианты не превышали ПДК по содержанию никеля и хрома. В растениях, выращенных на почве пашни и изучаемых грунтах, наблюдалось превышение МДУ по содержанию свинца, кадмия и хрома (рис. 4).

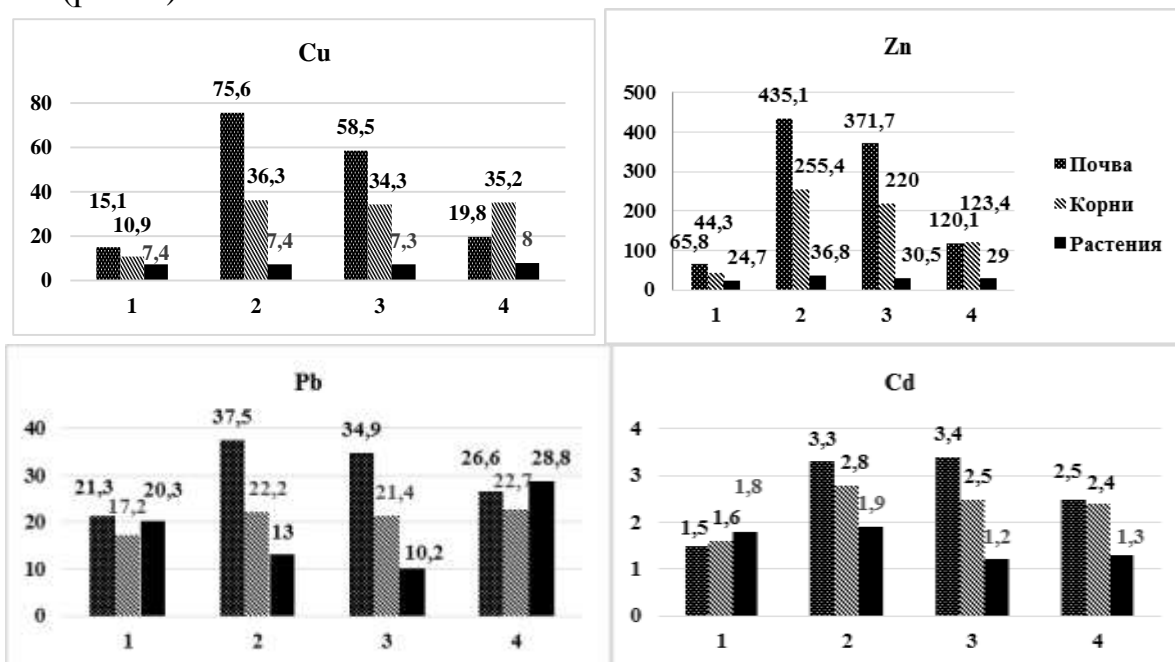


Рис. 4 – Содержание тяжелых металлов: 1 – почва пашни (контроль 1), 2 – ОСВ (контроль 2), 3 – ОСВ:торф (3:1), 4 – почва:ОСВ (3:1), 5 – почва:торф:ОСВ (2:1:1)

Содержание цинка (опыт 2.2) превышало контроль при смешивании ОСВ с компонентами на 40-110%, в растениях – на 6-84%, но значения значительно ниже ПДК и МДУ.

Максимальный коэффициент поглощения (КБП) в корнях растений тест-культуры на почве пашни и ОСВ отмечен по кадмию, при смешивании ОСВ с торфом (3:1) – по хрому, на грунте почва:торф:ОСВ (2:1:1) – по меди.

Биологическое накопление (Кн) в корнях тест-культуры значительно преобладало по сравнению с вегетативной массой растений по цинку, меди, никелю и хрому. По коэффициенту биологического накопления меди и никеля в корнях преобладал грунт почва:торф:ОСВ (2:1:1), в растениях по хрому – ОСВ. Никель в растениях не обнаружен.

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

**4.3 Влияние компонентов на агрохимические свойства грунтов.** При смешивании осадка с торфом содержание гумуса почти на уровне осадка. В почве среднее содержание гумуса – 5,4%. При смешивании почвы с осадком и торфом в соотношении 2:1:1 содержание гумуса повышалось на 14,8%. Смешивание осадка с торфом снижало обменную поглотительную способность. Добавление почвы к смеси осадка с торфом улучшало показатели, но они значительно ниже, чем в почве контроля.

## **5 Разработка грунтов на основе сапропеля**

**5.1 Определение оптимальных соотношений компонентов.** В опыте 3.1 изучали 7 комбинаций соотношения сапропеля с компонентами (торф, песок) в грунтах. Сравнивали с почвой пашни (контроль № 1), торфом (контроль № 2) и сапропелем (контроль № 3). Энергия прорастания и всхожесть семян тест-культуры на всех изучаемых вариантах грунтов существенно выше почвы пашни на 10-25%. По превышению всех контролей по биометрическим показателям выделились три грунта: песок:сапропель (1:3), торф:сапропель (1:4), торф:песок:сапропель (1:1:3).

К выделившимся вариантам грунтов был добавлен препарат Росток в дозе 50 мл на 500 г грунта (опыт 3.2). На энергию прорастания и всхожесть семян тест-культуры препарат Росток оказал существенное влияние на грунте песок:сапропель (1:3) – увеличение на 20 и 4% (относит.). Число корешков при добавлении Ростка в грунты существенно не изменилось. Длина корневой системы при добавлении Ростка в грунты существенно увеличилась при смешивании торфа с сапропелем и в трехкомпонентной смеси на 1,2 и 1,6 см соответственно. Длина растений на всех грунтах при добавлении препарата Росток существенно увеличилась на 5%. Масса растений существенно увеличилась только при добавлении препарата Росток в грунт песок:сапропель (1:3) на 6%.

В опыте 3.3 изучали добавление в сапрпель разных доз препарата Росток. Максимальные биометрические показатели растений тест-культуры получены при добавлении препарата Росток в сапрпель в дозе 1 мл/500 г.

В опыте 3.4 изучались 5 марок грунта на основе сапрпеля в сочетании с торфом и песком в разных соотношениях по массе компонентов с добавлением гуминового препарата Росток (2 мл/кг). Все марки грунта благоприятно влияли на растения тест-культуры, повышая посевные качества семян и биометрические показатели корневой системы и надземной части растений тест-культуры.

**5.2 Качественный состав грунта на основе сапрпеля.** Реакция среды грунтов – нейтральная (6,9-7,3 ед. рН). Содержание подвижного фосфора – высокое и очень высокое (210-299 мг/кг), подвижного калия – среднее (76,3-121,5 мг/кг).

**5.3 Содержание в грунтах токсичных веществ.** По валовому содержанию тяжелых металлов и их подвижных форм в грунтах на основе сапрпеля превышений норм Роспотребнадзора, установленных для токсичных элементов, не выявлено.

## **6 Выбор регулятора роста и развития растений для биологической рекультивации**

В двух вегетационных опытах проведена оценка регуляторов роста и развития растений. Установлено, что наиболее эффективный регулятор – гуминовый препарат Росток (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние регуляторов на растения тест-культуры

Вариант	Число корешков, шт.	Длина, см		Масса, г/сосуд	
		корней	растений	корней	растений
Контроль (вода)	3,4	15,9	18,7	0,85	1,79
Росток	4,0	20,4	25,8	1,45	3,45
PreCede™	3,7	20,1	21,9	1,16	2,21
Гумиам	3,5	19,8	20,5	1,01	1,82
НСП <sub>05</sub>	0,11	1,07	1,65	0,09	0,19

## **7 Рекультивация почвы несанкционированной свалки бытовых отходов**

**7.1 Влияние свалки бытовых отходов, грунта и гуминового препарата на растения тест-культуры.** Почва свалки загрязнена цинком (1,4 ПДК) и свинцом (1,4 ПДК). На прорастание семян тест-культуры почва свалки повлияла негативно, по сравнению с контролем снизились энергия прорастания и всхожесть на 22 и 12%, число корешков – на 7%, длина и масса корней – на 8 и 19%, длина и масса растений – на 22 и 30%. Внесение в почву свалки сухого гуминового препарата Humate balance не устранило ее негативного влияния на семена тест-культуры (опыт 5.1). При обработке семян препаратом Росток по сравнению с обработкой водой на почве свалки энергия прорастания и всхожесть повысились на 42 и 13%, число корешков – на 13%, длина и масса корней – на 27 и 64%, длина и масса растений – на 36 и 81%.

При внесении в почву свалки грунта на основе сапропеля (30 т/га) (опыт 5.2) энергия прорастания и всхожесть семян тест культуры увеличились на 13,4 и 31,3%, число корешков – на 33%, масса корней – на 45%, что говорит о снижении органическим удобрением негативного действия почвы свалки.

Разработанный грунт на основе осадка сточных вод (ОСВ:песок:торф=1:2:2) вносили в почву свалки в дозе 20 т/га (опыт 5.3). 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. 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. 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%. Длина корневой системы при обработке Ростком увеличилась на почве пашни на 20%, на загрязненной почве – на 27% (рис. 5). На варианте загрязненная почва+грунт – на 31%.

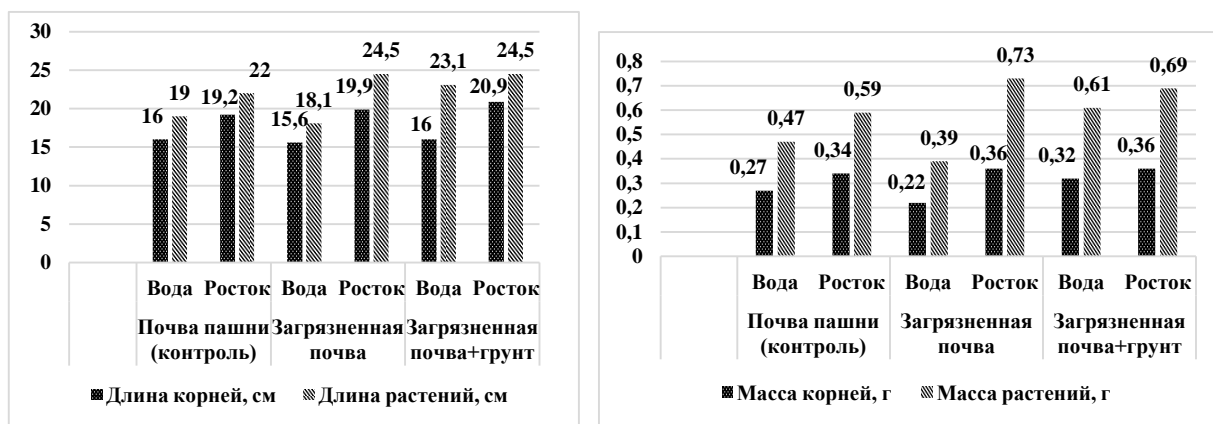


Рис. 5 – Влияние грунта и препарата Росток на корневую и надземную части растений тест-культуры

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%. 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%.

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 превышало ПДК в 3 раза. В корнях растений тест-культуры на загрязненной почве содержание цинка превышало контроль в 5 раз (рис. 6). 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%.

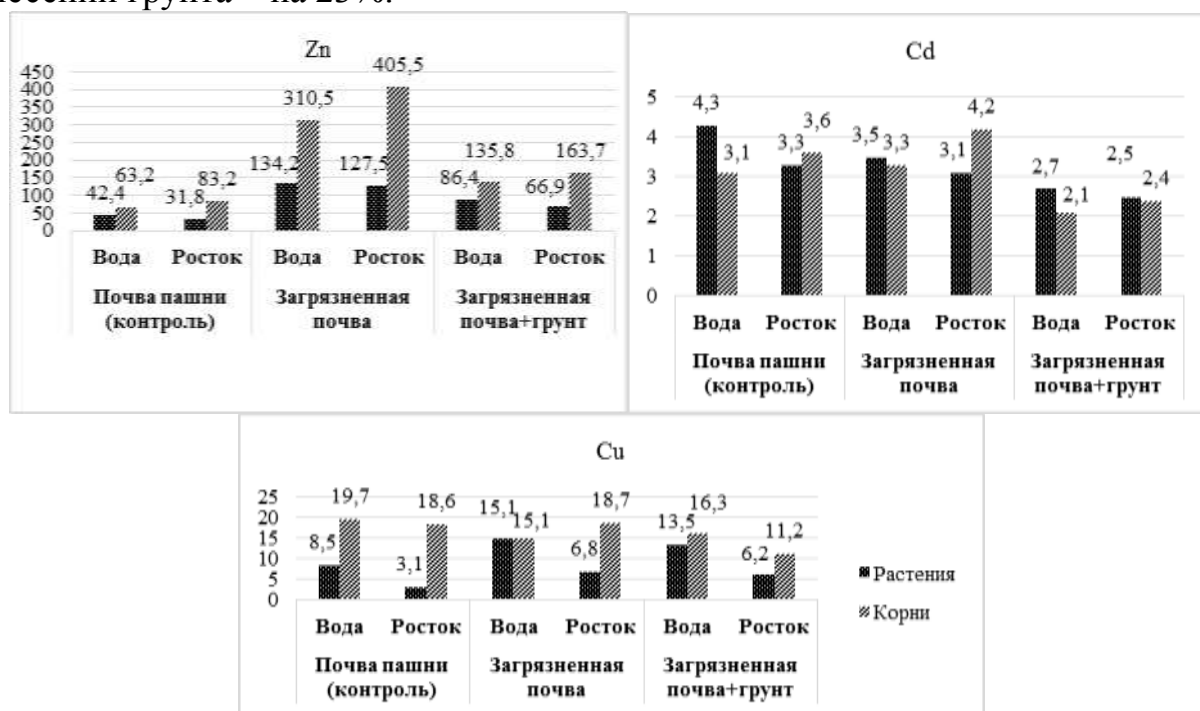


Рис. 6 – Содержание тяжелых металлов в тест-культуре

Содержание подвижных форм кадмия в почве не превышало ПДК, а в растениях содержание кадмия выше МДУ в среднем в 11 раз. 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%.

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. 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. В растениях на всех вариантах и в корнях на контроле содержание свинца менее 0,1 мг/кг. 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 поглощения. Чем больше его значение, тем активнее элементы переходят из почвы в растения. В зависимости от значений коэффициентов биологического поглощения, по степени поглощаемости растениями тяжелые металлы образуют следующий ряд:  $Cd > Cu > Zn > Pb$  (табл. 2). Растениями более активно поглощался кадмий, менее всего свинец.

Таблица 2 – Коэффициенты биологического поглощения тяжелых металлов тест-культурой

Варианты	Обработка семян	Zn	Cd	Cu	Pb	Среднее
Растения						
Загрязненная почва	вода	1,92	70,0	47,19	<0,03	29,78
	Росток	1,82	63,0	21,41	<0,03	21,56
Загрязненная почва+грунт	вода	1,24	55,6	42,19	<0,03	24,76
	Росток	0,96	51,6	19,53	<0,03	18,02
Корни						
Загрязненная почва	вода	4,44	66,6	47,44	2,54	30,26
	Росток	5,79	83,0	58,53	3,84	37,79
Загрязненная почва+грунт	вода	1,94	42,6	51,03	2,17	24,44
	Росток	2,34	49,0	35,09	6,09	92,52

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%. 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%.

## 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. Различия 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

#### **Публикации в журналах, рекомендованных ВАК РФ:**

1. **Гильманова М.В.** Восстановление почвенного плодородия нарушенных земель с использованием осадка сточных вод / М.В. Гильманова, И.В. Грехова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – №5 (95). – С. 147-152.

2. **Гильманова М.В.** Оценка применения регуляторов роста и развития растений для биологической рекультивации / М.В. Гильманова, И.В. Грехова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – №12-3 (102). – С. 177-182.

#### **Публикации в международной индексируемой базе Scopus:**

3. Grekhova I. The usage of sludge of wastewater in the composition of the soil for land reclamation / I. Grekhova, **M. Gilmanova** // 15 th International scientific conference «Underground Urbanisation as a Prerequisite for Sustainable Development». – Procedia Engineering. – №165 (2016). – P. 794-799.

#### **Публикации в иных изданиях:**

4. Грехова И.В. Использование осадка сточных вод Тюменских очистных сооружений в составе грунтов / И.В. Грехова, **М.В. Гильманова** // Устойчивое развитие территорий: теория и практика: Сб. мат. VIII Всеросс. науч.-практ. конф. – Сибай, 2016. – С. 199-201.

5. Бажутина Л.А. Применение гуминовых регуляторов роста для рекультивации почв / Л.А. Бажутина, **М.В. Гильманова**, И.В. Грехова // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сб. мат. LI Междунар. студ. науч.-практ. конф. – Тюмень, 2017. – Ч. 1. – С. 10-12.
6. **Гильманова М.В.** Оценка применения гуминовых препаратов для биологической рекультивации / М.В. Гильманова, И.В. Грехова // АПК: инновационные технологии. – 2018. – № 1. – С. 6-12.
7. **Гильманова М.В.** Оценка применения гуминовых препаратов для биологической рекультивации / М.В. Гильманова, И.В. Грехова // Мир Инноваций. – 2018. – № 1-2. – С. 4-9.
8. Барыло Б.О. Действие гуминовых препаратов из бурого угля и низинного торфа на тест-культуру / Б.О. Барыло, **М.В. Гильманова**, И.В. Грехова // Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: Сб. мат. LII Междунар. студ. науч.-практ. конф. – Тюмень, 2018. – Ч. 1. – С. 17-21.
9. **Гильманова М.В.** Влияние сырья на эффективность действия гуминовых препаратов / М.В. Гильманова, И.В. Грехова // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях с.-х. культур: Мат. докл. участников 10-й науч.-практ. конф. «Анапа-2018». – М., 2018. – С. 68-70.
10. **Гильманова М.В.** Тестирование методом проростков гуминовых препаратов из торфов и бурого угля / М.В. Гильманова, И.В. Грехова // Гуминовые вещества в биосфере: мат. VII Всеросс. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию со дня рождения проф. Д.С. Орлова и III Междунар. науч. школы. – 2018. – С. 142.
11. **Гильманова М.В.** Применение гуминового препарата Росток при рекультивации нарушенных земель / М.В. Гильманова, И.В. Грехова // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика: Мат. Третьей Всеросс. науч.-практ. конф. (с междунар. участием) и I Всеросс. конф. молодых ученых АПК. – Ростов-на-Дону, 2019. – С. 25-27.
12. **Гильманова М.В.** Применение питательного грунта и гуминового препарата при рекультивации загрязнённой почвы / М.В. Гильманова, И.В. Грехова, Л.А. Бажутина // Аграрная наука и образование Тюменской области: связь времен: Мат. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 140-летию Тюменского реального училища, 60-летию Тюменского ГСХИ. – Тюмень, 2019. – С. 198-208.
13. Грехова И.В. Применение гуминовых препаратов для биологической рекультивации / И.В. Грехова, **М.В. Гильманова** // От молекулярного анализа гуминовых веществ – к природоподобным технологиям (HIT-2017): Сб. тез. Четвёртой междунар. конф. СНГ МГО по гуминовым инновационным технологиям. – Москва, 2017. – С. 143.
14. Grekhova I.V. Testing of drugs used for pre-sowing seed treatment / I.V. Grekhova, **M.V. Gilmanova**, L.A. Bazhutina // Book of Abstracts Fifth International Conference of CIS IHSS on Humic Innovative Technologies «Humic substances and living systems» (HIT-2019). – Moscow, Russia, 2019. – P. 71.
15. **Gilmanova M.V.** Evaluation of the application of plant growth and development regulators for biological recultivation / M.V. Gilmanova, I.V. Grekhova // Science. Education. Practice: proceedings of the International University Science Forum. – Canada, Toronto, 2020. – P. 157-162.
16. Грехова И.В. Применение гуминовых препаратов при биологической рекультивации: / И.В. Грехова, **М.В. Гильманова** // Почвы – стратегический ресурс России: Тез. докл. VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв (Сыктывкар, 2020-2022 гг.). – Ч. 3. – Москва-Сыктывкар, 2021. – С. 859-860.