

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

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного аграрного университета Северного Зауралья и на сайте университета <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», «Иновационные 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%, сапропель 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. Полянова 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+OCB (3,5 т/га), 3. Почва+OCB (5 т/га), 4. Почва+OCB (25 т/га), 5. Почва+OCB (50 т/га).

Схема опыта 1.2: 1. Почва пашни (контроль), 2. Почва+OCB (3,5 т/га), 3. Почва+OCB (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. OCB, 3. OCB:торф (3:1), 4. Почва:OCB (3:1), 5. Почва:торф:OCB (2:1:1).

Схема опыта 2.2: 1. Почва пашни (контроль), 2. OCB:торф (1:1), 3. OCB:торф: (1:2), 4. OCB:торф (1:3), 5. OCB:торф (1:4), 6. OCB:песок:торф (1:1:2), 7. OCB:песок:торф (1:1:3), 8. OCB:песок:торф (1:2:2).

Схема опыта 2.3: 1. Почва пашни (контроль), 2. OCB:Natural humic acids (3:1), 3. OCB: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. PreCedeTM, 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 (OCB: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).

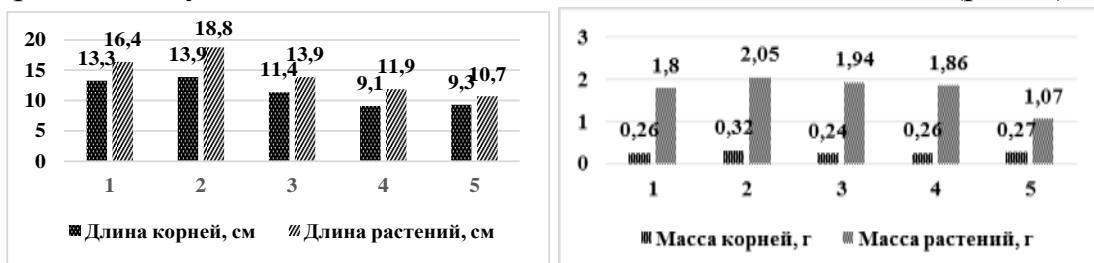


Рис. 1 – Влияние осадка сточных вод на корневую систему и надземную часть растений тест-культуры: 1 – почва пашни (контроль), 2 – почва+ОСВ (3,5 т/га), 3 – почва+ОСВ (5 т/га), 4 – почва+ОСВ (25 т/га), 5 – почва+ОСВ (50 т/га)

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).

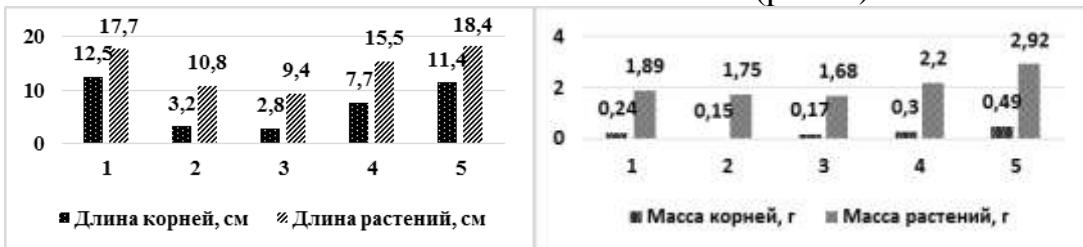


Рис. 2 – Влияние грунтов на корневую и надземные части растений тест-культуры: 1 – почва пашни (контроль), 2 – ОСВ, 3 – ОСВ:торф (3:1), 4 – почва:ОСВ (3:1), 5 – почва:торф:ОСВ (2:1:1)

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 торфом в соотношении 1:1:2 и 1:2:2 (рис. 3).

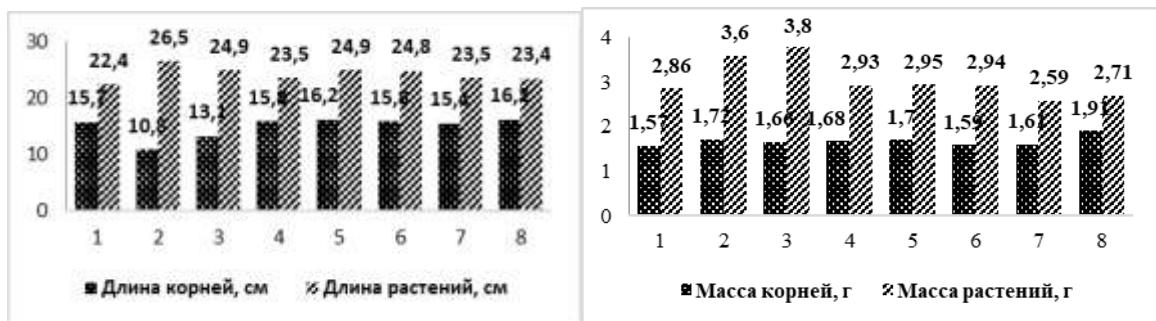


Рис. 3 – Влияние грунтов на корневую и надземные части растений тест-культуры: 1 – почва пашни (контроль), 2 – ОСВ:торф (1:1), 3 – ОСВ:торф (1:2), 4 – ОСВ:торф (1:3), 5 – ОСВ:торф (1:4), 6 – ОСВ:песок:торф (1:1:2), 7 – ОСВ:песок:торф (1:1:3), 8 – ОСВ:песок:торф (1:2:2)

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).

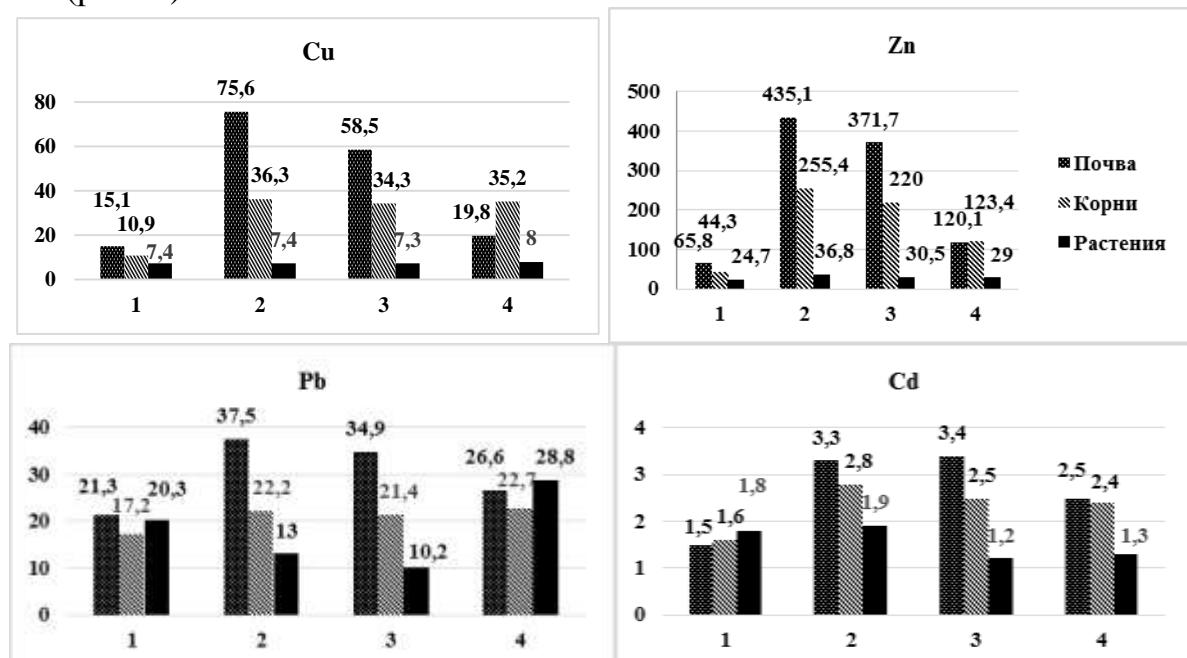


Рис. 4 – Содержание тяжелых металлов: 1 – почва пашни (контроль 1), 2 – ОСВ (контроль 2), 3 – ОСВ:торф (3:1), 4 – почва:ОСВ (3:1), 5 – почва:торф:ОСВ (2:1:1)

Содержание цинка (опыт 2.2) превышало контроль при смещивании 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 смещивании 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 смещивании осадка с торфом содержание гумуса почти на уровне осадка. В почве среднее содержание гумуса – 5,4%. При смещивании 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 Ростококазал 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 смещивании 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 сапропель разных доз препарата Росток. Максимальные биометрические показатели растений тест-культуры получены при добавлении препарата Росток в сапропель в дозе 1 мл/500 г.

В опыте 3.4 изучались 5 марок грунта на основе сапропеля 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 сапропеля. Реакция среды грунтов – нейтральная (6,9-7,3 ед. pH). 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 сапропеля 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
HCP ₀₅	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%.

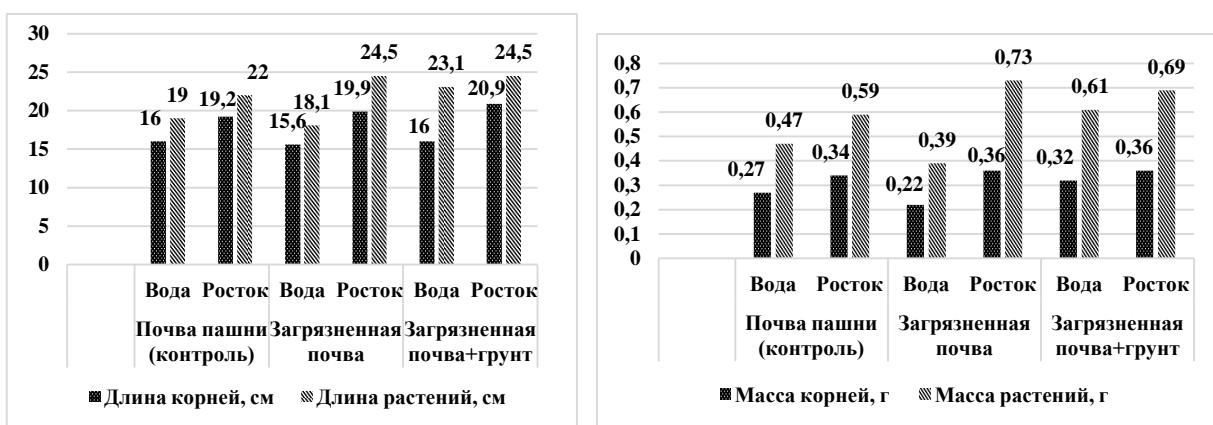


Рис. 5 – Влияние грунта и препарата Росток на корневую и надземную части растений тест-культуры

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%.

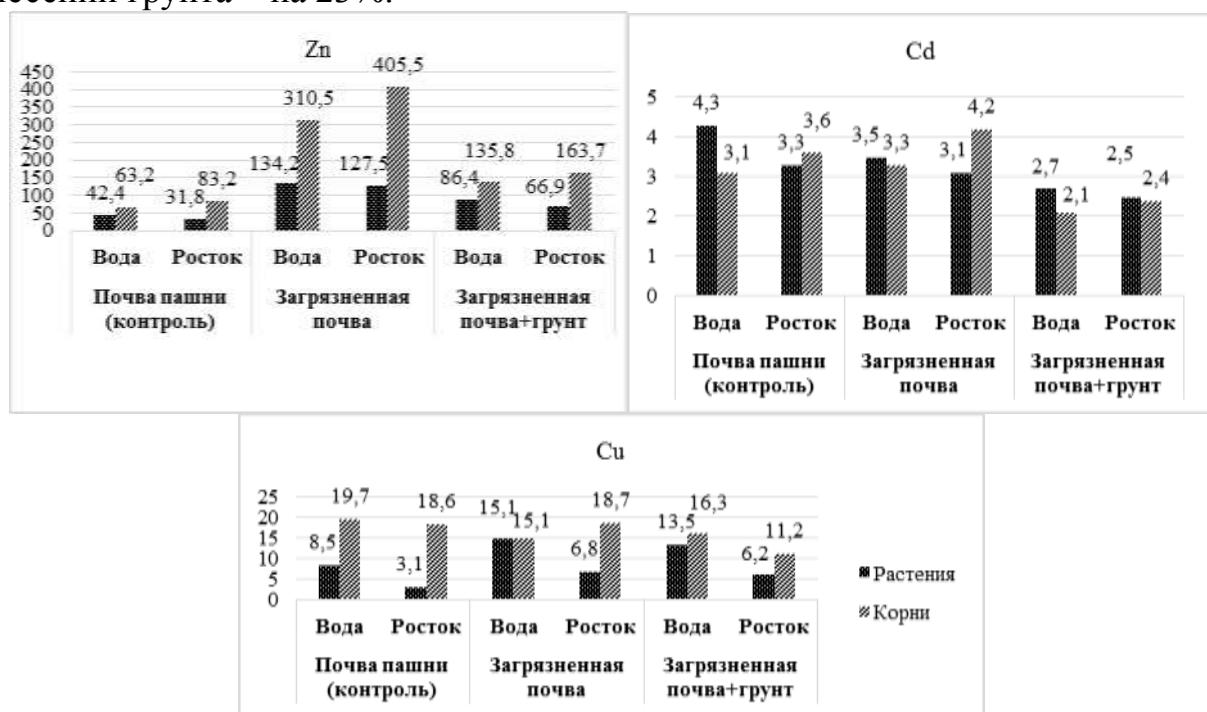


Рис. 6 – Содержание тяжелых металлов в тест-культуре

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 активней 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. 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 PreCedeTM 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.