

На правах рукописи



ЧЕРДАКОВА АЛИНА СЕРГЕЕВНА

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ГУМИНОВЫХ
ПРЕПАРАТОВ НА СОСТОЯНИЕ ТЕХНОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ СЕРЫХ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ**

03.02.08 – Экология (биологические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Москва – 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства»

Научный руководитель: **Гальченко Светлана Васильевна**
кандидат биологических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный
университет имени С.А. Есенина»,
доцент кафедры экологии и
природопользования

Официальные оппоненты: **Минкина Татьяна Михайловна**
доктор биологических наук, профессор,
ФГАОУ ВО «Южный федеральный
университет», зав. кафедрой почвоведения
и оценки земельных ресурсов

Ушаков Роман Николаевич
доктор сельскохозяйственных наук,
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный
агротехнологический университет имени
П.А. Костычева», профессор кафедры
лесного дела, агрохимии и экологии

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Почвенный институт имени В.В. Докучаева».

Защита состоится 23 марта 2017 г. в 14 часов 00 минут на заседании Совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.203.38 при Российском университете дружбы народов по адресу: 115093, г. Москва, Подольское шоссе, д. 8/5, экологический факультет.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной библиотеке ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6 и на сайте dissovet.rudn.ru.

Автореферат разослан «__» января 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Е.А. Ванисова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одним из наиболее опасных для окружающей среды последствий антропогенной деятельности является загрязнение почв различными поллютантами (тяжелыми металлами, радионуклидами, пестицидами, нефтепродуктами, нитратами и др.). Почвенные загрязнители интенсивно мигрируют в другие природные среды, активно накапливаются в звеньях трофической цепи экосистемы, обладают мутагенным, канцерогенным, тератогенным, эмбрио-, гонадо- и общетоксическим действием, представляя собой существенную угрозу для живых организмов, в том числе и для человека.

Особенно актуальна указанная проблема для почв староосвоенных регионов России, в течение длительного времени подвергавшихся интенсивному техногенному воздействию. Ярким примером таковых могут служить серые лесные почвы. Практически во всех регионах распространения данных почв (Центральный, Северо–Кавказский, Приволжский, Уральский и Сибирский федеральные округа РФ) наблюдается превышение в них фоновых концентраций различных загрязнителей, в том числе и тяжелых металлов, представляющих большую опасность для окружающей среды и здоровья человека. Причем вокруг крупных городов, техногенных объектов, автомагистралей формируются зоны устойчивого загрязнения почвы данными поллютантами, уровень которого по величине суммарного показателя концентрации (Z_c) характеризуется как «опасный» и «чрезвычайно опасный».

Помимо этого, после аварии на Чернобыльской АЭС большие площади серых лесных почв Европейской части РФ подверглись загрязнению цезием-137. Данный радионуклид является одним из основных дозообразующих элементов, характеризуется длительным периодом полураспада, легко включается в биологический круговорот, интенсивно мигрирует по трофической цепи экосистем и активно накапливается в тканях живых организмов.

Высокая опасность последствий загрязнения почв тяжелыми металлами и радионуклидами для компонентов окружающей среды и здоровья человека требует проведения комплексных научно обоснованных практических мероприятий по восстановлению, детоксикации и охране техногенно-измененных почв.

В аспекте развития и внедрения «зелёных» технологий все более актуальным становится вопрос использования для детоксикации загрязненных природных сред, включая и почвы, экологически чистых природных соединений, в том числе и широко распространенных в биосфере – гуминовых веществ. Так, на данный момент в научной литературе приводятся многочисленные сведения о высокой эффективности применения гуминовых препаратов на основе торфа в целях восстановления техногенно-измененных почв (Перминова И.В., 2000;

Н.А. Куликова, 2008; Wilson W.S., 1997; Gondar D., 2006). Растущий интерес к гуминовым препаратам стимулирует совершенствование технологий их производства. Как альтернатива традиционным химическим технологиям развиваются инновационные – кавитационные, которые позволяют получать продукт с более высокими качественными показателями. Однако в настоящее время недостаточно изучены вопросы, касающиеся свойств данных препаратов, эффективности их применения для восстановления техногенно-измененных почв по сравнению с уже существующими, полученными традиционным способом гуминовыми препаратами.

В этой связи научный поиск и разработка практических мер, направленных на восстановление почв как важнейшего компонента экосистем, подверженных интенсивному техногенному воздействию, с использованием различных гуминовых препаратов, не только представляет теоретический интерес, но и имеет важное практическое значение.

Цель исследования – оценить влияние гуминовых препаратов, полученных с применением различных технологий, на экологическое состояние техногенно-измененных серых лесных почв.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие **задачи**:

- получить гуминовые препараты с применением традиционной технологии щелочной экстракции и инновационной технологии ультразвуковой кавитации;
- изучить структурно-групповой и химический состав исследуемых гуминовых препаратов;
- проанализировать изменение основных химических свойств и показателей биологической активности серых лесных почв, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами, при внесении в них гуминовых препаратов, полученных с применением различных технологий;
- изучить изменение концентрации подвижных форм тяжелых металлов в техногенно-измененной серой лесной почве при внесении гуминовых препаратов;
- провести экономическую оценку эффективности применения различных гуминовых препаратов для целей восстановления загрязненных серых лесных почв.

Объект исследования – гуминовые препараты на основе низинного торфа, полученные, как по классической технологии щелочной экстракции, так и по инновационной технологии ультразвукового кавитационного диспергирования, а также их сочетании.

Предмет исследования – влияние внесения анализируемых гуминовых препаратов в серые лесные почвы, загрязненные тяжелыми металлами и радионуклидами, на различные показатели их экологического состояния.

Научная новизна. Впервые выявлена специфика структурно-группового и химического состава гуминовых препаратов, полученных с применением принципиально разных технологий

– щелочной экстракции и ультразвуковой кавитации. Установлены особенности последствий гуминовых препаратов на содержание подвижных форм тяжелых металлов, химические свойства и биологическую активность техногенно-измененных серых лесных почв в зависимости от химического состава препаратов и технологии их получения. Выявлены преимущества применения гуминовых препаратов, полученных кавитационным методом, по сравнению с щелочно-экстрагируемыми препаратами в целях восстановления загрязненных серых лесных почв.

Положения диссертации, выносимые на защиту:

- особенности структурно-группового и химического состава гуминовых препаратов в зависимости от технологии их получения;
- последствие гуминовых препаратов, полученных с применением различных технологий на химические свойства и показатели биологической активности техногенно-измененных серых лесных почв;
- изменение концентрации подвижных форм тяжелых металлов в загрязненной серой лесной почве при внесении различных гуминовых препаратов.

Практическая значимость. Полученные результаты укрепляют научную базу применения гуминовых препаратов для решения прикладных экологических задач в области детоксикации серых лесных почв, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами. Предложенные практические рекомендации могут использоваться природоохранными службами и агентствами с целью управления функционированием искусственных экосистем, подверженных интенсивному техногенному воздействию. Материалы работы могут найти применение в рамках преподавания ряда дисциплин при реализации учебного процесса по направлению подготовки бакалавриата 05.03.06 – «Экология и природопользование».

Апробация. Основные результаты диссертационной работы были доложены и обсуждены на 17-ти Международных, Всероссийских, Межрегиональных научных конференциях и форумах, основные из которых: Международный агроэкологический форум (Санкт-Петербург, 2013); Международная научно-практическая конференция молодых ученых «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование» (Москва, 2014); Международная научно-практическая конференция «Перспективные направления исследований в изменяющихся климатических условиях» (Саратов, 2014); Всероссийская научно-практическая конференция «Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения» (Юрга, 2014); Международная научно-практическая конференция «Наука, образование, общество: тенденции и перспективы» (Москва, 2016).

Публикации. По теме диссертации опубликована 21 работа, в том числе 5 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК.

Участие в проектах. Исследования проводились в рамках реализации проектов, поддержанных грантами РФФИ: № 14-05-97502 р_центр_а; № 14-35-50748 мол_нр; № 15-35-51115 мол_нр; № 16-45-620162 р_а.

Структура и объем работы. Содержание работы изложено на 161 странице. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложений. Материалы диссертации проиллюстрированы 20 таблицами и 32 рисунками. Список литературы включает 235 источников, из которых 42 – на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность за постоянное внимание к работе и неоценимую помощь в проведении исследований научному руководителю – кандидату биологических наук, доценту С.В. Гальченко. Автор также искренне благодарит за поддержку и помощь, оказанные при выполнении работы, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Е.С. Иванова; доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ю.А. Мажайского; доктора экономических наук, академика МАНЭБ, директора ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства» Н.Т. Сорокина и его сотрудников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе «Состав, свойства, технологии получения гуминовых препаратов и опыт их применения в целях восстановления почв, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами» рассмотрены ключевые фундаментальные свойства и особенности структурно-группового состава основного действующего компонента гуминовых препаратов – гумусовых кислот, определяющие их реакционную активность по отношению к загрязнителям почв. Обзор литературных источников показал, что гумусовые кислоты способны образовывать различного рода соединения с металлами. При этом для тяжелых металлов наиболее характерно образование прочных комплексных соединений, в которых молекулы гумусовых кислот выступают в роли лиганда (Данченко Н.Н., 1997; Орлов Д.С., 2005; Безуглова О.С., 2009). В образовании металл-гумусовых комплексных соединений определяющую роль играют карбоксильные функциональные группы, от числа которых напрямую зависит интенсивность процесса комплексообразования. Однако устойчивость и характер поведения комплексов в окружающей среде определяется рядом факторов, таких как концентрация металла, реакция среды и природа самих гумусовых кислот (Варшал Г.М., 1993; Заварзина А.Г., 2000; Орлов Д.С., 2005).

Описаны одни из основных технологий получения гуминовых препаратов – технология щелочной экстракции и технология ультразвуковой кавитации. Показаны приводимые в литературных источниках ключевые преимущества последней, такие как преобразование сырья на молекулярном уровне, повышенный выход в препарат активных компонентов – гуминовых и фульвовых кислот, высокая производительность, экономичность и др. (Москаленко Т.В, 2010; Ефанов М.Е., 2013; Аникин В.С., 2013; Сорокин К.Н., 2015; Mecozzi M., 2002; Moreda-Piñeiro A., 2004).

Обзор данных отечественных и зарубежных исследований показал перспективность применения гуминовых препаратов в целях восстановления и детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами. Многие авторы (Clemente R., 2006; W.-yu Shi, 2009; Janoš P., 2010; Burlakovs J., 2013; Гапоненко В.В., 2004; Музурова О.Г., 2006; Куликова Н.А., 2008; Пукальчик М.А., 2013) отмечают, что внесение гуминовых препаратов в загрязненные почвы способствует улучшению их агрохимических свойств и повышению биологической активности, а также позволяет снизить подвижность токсикантов, препятствуя тем самым их миграции по профилю почвы в другие природные среды. Однако, ввиду сложности взаимодействия загрязнителей с гумусовыми кислотами и зависимости поведения образующихся комплексов от множества факторов, указанный эффект наблюдается не всегда (Зубченко Е.Б., 2006; Коротченко И.Г., 2011).

В настоящее время в научной литературе практически не приводятся данные о влиянии препаратов, полученных по различным технологиям, на экологическое состояние техногенно-измененных почв, малочисленны сведения и о последствии гуминовых препаратов. Данное обстоятельство требует более детального рассмотрения указанной проблемы в различных аспектах.

Во второй главе «Гуминовые препараты и методы исследования их влияния на основные показатели экологического состояния техногенно-измененных серых лесных почв» описаны объект и предмет исследования, приведены методики, используемые при проведении исследований.

Производство гуминовых препаратов осуществлялось с использованием технологической линии, разработанной и изготовленной ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства» (ФГБНУ ВНИМС). Также для сравнения в ходе исследований использовались товарные гуминовые препараты, широко представленные на отечественном рынке (таблица 1).

Таблица 1 – Используемые в ходе проведения исследований гуминовые препараты на основе низинного торфа

	Название препарата			
	«Гумат калия»	«Эдал-КС»	«Питер-Пит»	«Ультрагумат»
технология получения	щелочная экстракция		сочетание ультразвуковой кавитации и щелочной экстракции	ультразвуковая кавитация

При производстве гуминовых препаратов *щелочной экстракцией* первоначально торф измельчался в жидкой среде с помощью установки роторно-инерционного действия до размера частиц 100-150 мкм. Полученная таким образом суспензия направлялась в реактор экстракции, где в условиях нагрева (до 60-70°C) и перемешивания (140 об/мин.) при добавлении в качестве реагента гидроксида калия осуществлялся процесс щелочной экстракции.

При *ультразвуковом кавитационном диспергировании* приготовленная с помощью роторно-инерционной установки торфяная суспензия обрабатывалась в диспергаторе воздушным потоком, создаваемым газоструйным генератором с интенсивностью ультразвукового излучения более 10 Вт/см².

Полученные указанным образом гуминовые препараты подвергались многоступенчатой очистке.

В соответствии с поставленными задачами был изучен структурно-групповой и химический состав анализируемых препаратов. Для исследования структурно-группового состава полученных гуминовых препаратов применялся метод спектроскопии ядерного магнитного резонанса на ядрах углерода-13 (ЯМР ¹³C). При этом в качестве образца сравнения использовались нефракционированные гуминовые вещества, выделенные методом щелочной экстракции по методике Международного гуминового общества (IHSS) из низинного торфа. Сухой остаток анализируемых гуминовых препаратов определяли по общепринятой методике в соответствии с ГОСТ 26713-85, зольность определялась термогравиметрическим методом по ГОСТ 26714-85. Кислотность гуминовых препаратов определялась потенциометрическим методом по ГОСТ 11623-89, концентрация гуминовых и фульвовых кислот определялась пирофосфатным методом Кононовой-Бельчиковой. Содержание общего азота в гуминовых препаратах определялось фотометрическим методом в соответствии с ГОСТ 26715-85, общего калия – пламенно-фотометрическим методом по ГОСТ 26718-85, общего фосфора – фотометрическим методом по ГОСТ 26717-85. Концентрация ионных форм калия (K^+) и кальция (Ca^{2+}) определялась потенциометрическим методом при помощи иономера И-160МИ с набором ионоселективных электродов.

Экологическая оценка влияния исследуемых гуминовых препаратов на состояние техногенно-измененных серых лесных почв осуществлялась по ряду показателей, которые мы условно выделили в следующие группы:

- содержание загрязнителей в почве (концентрация подвижных форм тяжелых металлов, удельная эффективная активность цезия-137);
- химические показатели экологического состояния почвы (*pH* солевой вытяжки, содержание общего азота, подвижных соединений фосфора и калия, органического вещества);
- показатели биологической активности почвы (целлюлозолитическая, протеолитическая, уреазная);
- интегральные показатели эколого-биологического и химического состояния почвы (ИПЭБСП, ИПХС).

Для решения поставленных экспериментальных задач было заложено два вегетационных опыта. В вегетационном опыте № 1 была смоделирована третья категория загрязнения серой лесной почвы тяжелыми металлами (кадмий, свинец, цинк, медь) по суммарному показателю загрязнения – «опасная» ($Z_c = 32-128$). В вегетационном опыте № 2 использовалась серая лесная почва, загрязненная, в результате аварии на Чернобыльской АЭС, изотопом цезия-137 (Рязанская область, Спасский район).

Отбор почвенных образцов для закладки вегетационных опытов осуществлялся по общепринятой методике в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.3.01-83.

При закладке вегетационных опытов анализируемые гуминовые препараты вносились в почву в виде 0,01 % и 0,02% водных растворов. Контролем служили почвенные образцы без обработки гуминовыми препаратами (таблица 2).

Таблица 2 – Схема вегетационных опытов

Варианты опыта	
Наименование препарата	Доза препарата
Контроль*	–
«Гумат калия»	0,01 % раствор
	0,02 % раствор
«Эдал-КС»	0,01 % раствор
	0,02 % раствор
«Питер-Пит»	0,01 % раствор
	0,02 % раствор
«Ультрагумат»	0,01 % раствор
	0,02 % раствор

* Техногенно-измененная серая лесная почва без внесения гуминовых препаратов

Повторность на всех вариантах опыта – четырехкратная. Изменение исследуемых показателей экологического состояния почв регистрировались через год после закладки эксперимента, то есть влияние гуминовых препаратов оценивалось в их последствии.

Целлюлозолитическая активность почвы определялась методом аппликации льняного полотна, предложенным Е.Н. Мишустиним, И.С. Востровой, А.Н. Петровой. Протеолитическая активность почвы определялась аппликационным методом фотобумажной автографии, предложенным Е. Н. Мишустиним, Д. И. Никитиным, И. В. Востровым и основанном на микробиологическом расщеплении желатины, имеющейся в эмульсионном слое рентгеновской пленки. Уреазная активность почвы определялась экспресс-методом Т.В. Аристовской и М.В. Чуговой.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в серой лесной почве определялось по общепризнанной методике путем их извлечения ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 и последующим определением методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной атомизацией. Содержание общего азота определялось фотометрическим методом по ГОСТ 26107-84, содержание подвижных соединений фосфора и калия – фотоэлектроколориметрическим и фотометрическим методом соответственно по ГОСТ 54650-2011, pH солевой вытяжки почвы определялась потенциометрическим методом по ГОСТ 26483-85.

Расчет интегральных показателей эколого-биологического и химического состояния техногенно-измененных серых лесных почв в эксперименте осуществлялась по методике, предложенной В.Ф. Вальковым, К.Ш. Казеевым, С.И. Колесниковым.

Статистическая обработка всех экспериментальных данных проводилась с использованием приложения *Microsoft Office Excel* и программного пакета *Statistica*.

В третьей главе «Результаты исследования свойств различных гуминовых препаратов и оценка их влияния на экологическое состояние техногенно-измененных серых лесных почв» приводятся и анализируются полученные в ходе выполнения работы экспериментальные данные.

Анализ свойств исследуемых гуминовых препаратов, в соответствии с поставленными задачами, основывался на изучении специфики их структурно-группового и химического состава в зависимости от технологии получения.

По результатам проведенного ЯМР-анализа установлено, что существенные структурные отличия в гуминовых препаратах, выделенных по различным технологиям, практически отсутствуют (таблица 3).

Таблица 3 – Структурно-групповое распределение углерода в анализируемых препаратах

Образец	Доля от общего углерода, %						
	СН _n	СН ₃ О	С _{Алк} О	С _{АR}	С _{АR} О	СОО	С=О
«Гумат калия»	16,0	6,0	15,0	27,0	10,0	15,0	10,0
«Ультрагумат»	19,0	5,0	16,0	25,0	9,0	16,0	11,0
Низинный торф (образец сравнения)*	15,0	5,0	17,0	32,0	13,0	15,0	3,0

СН_n- углерод алкильных звеньев; СН₃О- углерод метоксильных групп; С_{Алк}О- углерод О-замещенных алифатических фрагментов, С_{АR} - углерод ароматических колец; С_{АR}О – углерод О-замещенных ароматических фрагментов; СОО – углерод карбоксильных функциональных групп; С=О-углерод карбонильных групп

* Гуминовые вещества, выделенные методом щелочной экстракции по методике Международного гуминового общества (IHSS) из низинного торфа

Все исследуемые образцы по своему структурному типу близки к нефракционированным гуминовым веществам торфа.

Для более детального анализа молекулярной структуры и оценки гидрофобно-гидрофильного баланса гуминовых препаратов, на основе полученных данных ЯМР-анализа нами было рассчитано соотношение ароматических и алифатических структурных фрагментов в исследуемых препаратах (таблица 4).

Таблица 4 – Соотношение ароматических и алифатических структур в исследованных препаратах

Наименование препарата	ΣC_{AR}^*	ΣC_{Alk}^{**}	$\Sigma C_{AR}/\Sigma C_{Alk}$	$\Sigma C_{AR}/\Sigma C_{AlkO}$
«Гумат калия»	37,00	37,00	1,00	2,47
«Ультрагумат»	34,00	39,00	0,86	2,12
Низинный торф (образец сравнения)	45,00	37,00	1,22	2,65

* $\Sigma C_{AR} = C_{AR} + C_{ARO}$

** $\Sigma C_{Alk} = CH_n + CH_3O + CH_2O + CHO + COO$

Результаты исследований указывают на практически равное соотношение ароматических (преимущественно гидрофобных) и алифатических (преимущественно гидрофильных) структур в анализируемых гуминовых препаратах, что является одним из свидетельств наличия у них поверхностно-активных свойств. При этом минимальные соотношения суммарного количества ароматического углерода (ΣC_{AR}) к сумме углерода всех алифатических компонентов (ΣC_{Alk}) и к сумме углерода углеводных фрагментов (ΣC_{AlkO}) характерны для препарата «Ультрагумат», полученного с применением кавитационной технологии. Следовательно, данный препарат имеет наибольшую гидрофильность, что может служить свидетельством более высокой водорасворимости, миграционной активности и биодоступности гуминовых веществ, входящих в его состав.

Проведенный химический анализ исследуемых гуминовых препаратов позволил выявить основные принципиальные отличия в их составе (таблица 5).

Таблица 5 – Химический состав гуминовых препаратов

Показатели	«Гумат калия»	«Эдал-КС»	«Ультрагумат»	«Питер-Пит»
<i>pH</i> , ед. <i>pH</i>	8,50 ± 0,1*	8,00± 0,1	7,00± 0,1	7,50± 0,1
Сухой остаток, г/л	47,28± 0,3	45,33± 0,3	43,86± 0,3	93,24± 0,3
Сумма гуминовых и фульвокислот, г/л	20,00± 0,5	26,00± 0,5	65,00± 0,5	40,00± 0,5
Азот общий, г/л	1,26± 0,01	1,00± 0,01	3,70± 0,01	2,00± 0,01
Фосфор общий, г/л	0,25± 0,01	0,10± 0,01	0,50± 0,01	17,60± 0,01
Калий общий, г/л	5,63±0,05	6,50±0,05	1,20±0,05	31,30±0,05
Концентрация ионов калия (K^+), г/л	0,06±0,001	0,14±0,001	0,01±0,001	3,81±0,001
Концентрация ионов кальция (Ca^{2+}), г/л	0,07±0,001	0,03±0,001	0,27±0,001	0,01±0,001

*Примечание: здесь и далее при $P=0,95$

Установлено, что по сравнению с щелочно-экстрагируемыми препаратами («Гумат калия», «Эдал-КС») концентрация активных веществ – гуминовых и фульвовых кислот – в препаратах, полученных по технологии ультразвуковой кавитации («Питер-Пит», «Ультрагумат»), в 1,5-3,0 раза выше. Данный результат, по нашему мнению, обусловлен рядом физико-химических процессов, являющихся следствием кавитационных эффектов, возникающих при прохождении ультразвуковой волны через сырьевую суспензию. Так, под воздействием ультразвуковой кавитации происходит разрыв связей в макромолекулах, разрушение адсорбционных комплексов, а также инициируются и интенсифицируются процессы диспергирования, эмульгирования, окисления, растворения, экстрагирования гуминовых веществ, и, как следствие, повышается их выход в препарат.

Препараты, произведенные по кавитационной технологии, также характеризуются и более высоким содержанием общего азота.

Исключение щелочи из технологического процесса при кавитационной обработке позволяет получать препараты с нейтральной и слабощелочной реакцией среды, тогда как препараты, произведенные традиционным экстрагированием, имеют щелочную реакцию среды.

Ввиду использования в процессе экстракции гидроксида калия при производстве препаратов «Гумат калия» и «Эдал-КС», содержание ионной и валовой форм калия в данных препаратах значительно выше, чем в «Ультрагумате», полученном без применения щелочи. Максимальные концентрации калия, а также фосфора характерны для препарата «Питер-Пит» по причине обогащения его в процессе производства минеральными добавками.

Таким образом, содержание основных активных компонентов химического состава изученных препаратов варьируется, имеет свои особенности и во многом определяется технологией их производства.

Установленная в ходе проведения исследований значимая разница между анализируемыми препаратами, как по содержанию активных веществ – гуминовых и фульвокислот, так и по концентрации изучаемых макроэлементов (*N, P, K, Ca*) обуславливает и неодинаковое их влияние на состояние техногенно-измененных серых лесных почв.

В условиях вегетационного эксперимента выявлено, что последствие гуминовых препаратов на химические свойства серой лесной почвы, загрязненной *тяжелыми металлами*, выразилось преимущественно в изменении содержания подвижных форм фосфора и калия (рисунок 1).

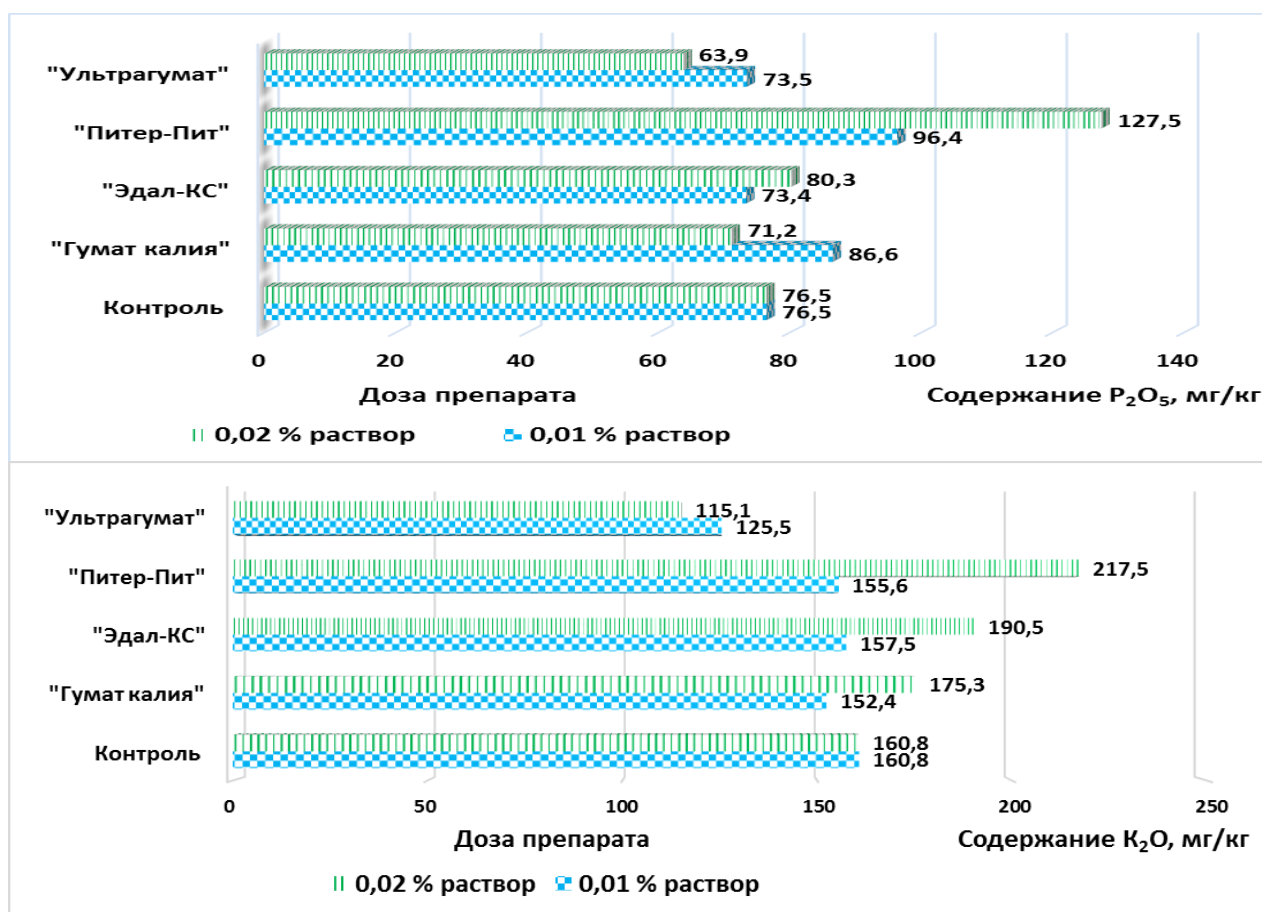


Рисунок 1 – Содержание подвижных соединений фосфора и калия в серой лесной почве, загрязненной тяжелыми металлами в опыте

Наиболее существенное влияние на данные показатели оказал препарат «Питер-Пит». Так, его внесение в дозе 0,02 % раствора способствовало повышению концентрации подвижного фосфора и калия по сравнению с контрольным вариантом опыта на 67 % и 35 %, соответственно. Указанное обстоятельство обусловлено тем, что среди анализируемых гуминовых препаратов «Питер-Пит» характеризуется максимальным содержанием как фосфора, так и калия, в десятки раз превышающим таковое в других экспериментальных препаратах. Полученные результаты свидетельствуют о положительном влиянии данного препарата на процессы детоксикации серой лесной почвы, загрязненной тяжелыми металлами,

поскольку, во-первых, увеличение содержания подвижного фосфора является одним из факторов, оказывающих блокирующее действие на подвижность тяжелых металлов, во-вторых, повышение концентрации элементов питания растений (калий, фосфор) в почве будет способствовать усилению «эффекта биологического разбавления» тяжелых металлов в биомассе.

Внесение исследуемых препаратов в *цезий-содержащую* серую лесную почву оказало воздействие практически на все анализируемые химические показатели (таблица 6).

Таблица 6 – Изменение химических свойств серой лесной почвы содержащей цезий, в эксперименте

Вариант опыта		Химические показатели почвы			
Наименование препарата	Доза препарата	<i>pH</i> , ед. <i>pH</i>	P_2O_5 , мг/кг	K_2O , мг/кг	$N_{общ}$, %
Контроль*	–	5,65±0,01	251,90±1,5	145,90±1,5	0,18±0,05
«Гумат калия»	0,01 % р-р	5,90±0,01	242,70±1,5	198,90±1,5	0,21±0,05
	0,02 % р-р	5,90±0,01	237,90±1,5	197,60±1,5	0,19±0,05
«Эдал-КС»	0,01 % р-р	5,80±0,01	246,40±1,5	178,80±1,5	0,20±0,05
	0,02 % р-р	5,80±0,01	261,10±1,5	279,50±1,5	0,19±0,05
«Питер-Пит»	0,01 % р-р	5,80±0,01	296,00±1,5	219,00±1,5	0,20±0,05
	0,02 % р-р	5,85±0,01	292,90±1,5	273,30±1,5	0,21±0,05
«Ультрагумат»	0,01 % р-р	5,80±0,01	258,00±1,5	186,20±1,5	0,19±0,05
	0,02 % р-р	5,80±0,01	257,50±1,5	164,40±1,5	0,24±0,05

* Техногенно-измененная серая лесная почва без внесения гуминовых препаратов

Установлено, что все гуминовые препараты способствует снижению кислотности почвы в эксперименте в среднем на 0,2-0,3 единицы *pH*. При этом максимальное повышение *pH* солевой вытяжки почвы отмечается при внесении «Гумата калия», что вполне логично, так как указанный препарат имеет наиболее щелочную реакцию ($pH = 8,50$) среди исследуемых нами препаратов.

Отмечено увеличение содержание общего азота в цезий-содержащей почве под влиянием используемых в эксперименте препаратов, что наиболее выражено на вариантах опыта с внесением препарата «Ультрагумат». Данный факт обусловлен высокой концентрацией азота в «Ультрагумате», в 1,5-3,5 раза превышающей таковую в других препаратах.

Выявлено, что наиболее выраженному повышению концентрации подвижного фосфора и калия в эксперименте способствовали препараты «Питер-Пит» и «Эдал-КС» в дозе 0,02 % раствора.

Наблюдаемые изменения химических свойств содержащей цезий-137 серой лесной почвы при внесении гуминовых препаратов создают благоприятные условия для ее экологического оздоровления. Так как, во-первых, повышение *pH* почвенного раствора будет способствовать снижению миграционной активности ^{137}Cs ; во-вторых, увеличение

концентрации элементов питания растений (N, P, K) обеспечит большой прирост фитомассы и, как следствие, усиление «эффекта биологического разбавления»; в-третьих, ввиду антагонистического характера отношений между цезием-137 и калием, повышение содержания последнего в почве существенно снизит интенсивность процессов бионакопления радионуклида.

В конце модельного вегетационного эксперимента в серой лесной почве, искусственно загрязненной *тяжелыми металлами*, определялась концентрация их подвижных форм. Установлено, что в последствии исследуемые гуминовые препараты неодинаково влияют на данный показатель (рисунок 2).

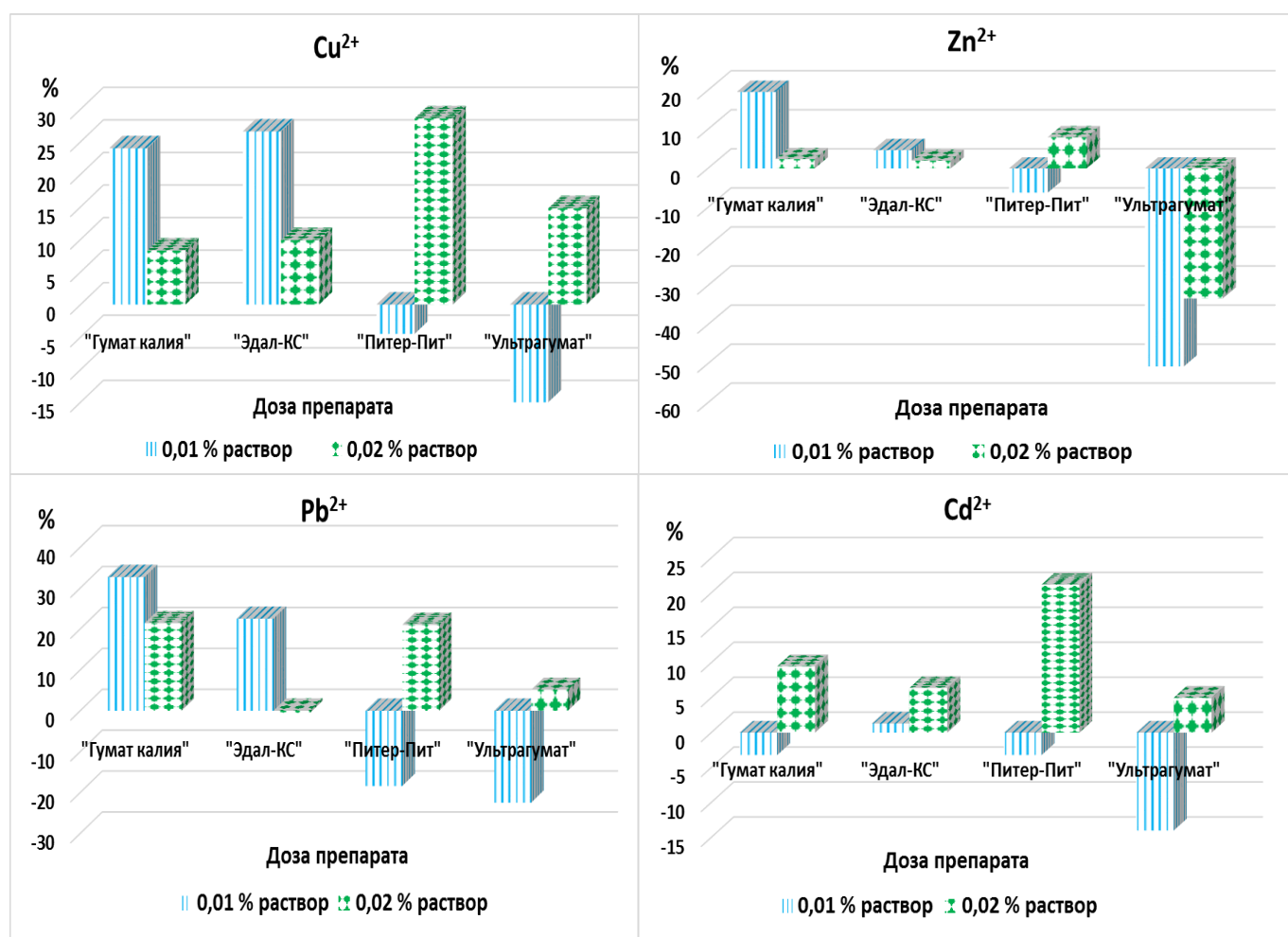


Рисунок 2 – Изменение содержания подвижных форм тяжелых металлов на различных вариантах опыта по сравнению с контролем

Выявлено, что внесение препаратов, полученных с применением технологии ультразвуковой кавитации – «Питер-Пит» и «Ультрагумат» в дозе 0,01 % растворов, способствует снижению концентрации подвижных форм тяжелых металлов в загрязненной почве. Наиболее выражено действие препарата «Ультрагумат». Под его влиянием содержание подвижных форм меди и кадмия уменьшается на 15 %, свинца на 30 %, цинка практически на

50 %. Наблюдаемый эффект от внесения «Ультрагумата» может быть обусловлен тем, что среди анализируемых препаратов он характеризуется максимальной концентрацией активных веществ – гуминовых и фульвовых кислот. При этом последствие рассматриваемых нами щелочно-экстрагируемых препаратов, напротив, выражается преимущественно в увеличении подвижности тяжелых металлов.

Оценка биологической активности почвы в эксперименте осуществлялась по интенсивности процессов целлюлолиза, протеолиза и гидролиза мочевины.

Последствие исследуемых препаратов на показатели биологической активности почвы, загрязненной *тяжелыми металлами*, было различным. Так, внесение всех анализируемых гуминовых препаратов, нивелируя токсичное действие высоких концентраций тяжелых металлов, способствовало увеличению целлюлозолитической активности почвы. Максимальный положительный эффект при этом наблюдался при использовании препарата «Питер-Пит». Однако на протеолитический комплекс серой лесной почвы в условиях сильного ее загрязнения тяжелыми металлами исследуемые гуминовые препараты стимулирующего действия не оказали. Активность уреазы в эксперименте напрямую зависела от содержания в почве подвижных форм тяжелых металлов. На большинстве вариантов опыта наблюдалось ингибирование процесса гидролиза мочевины, что, по нашему мнению, обусловлено высокими концентрациями загрязнителей. Исключение составили лишь варианты опыта с внесением препарата «Ультрагумат» в дозе 0,01 % раствора, на которых и отмечалось минимальное содержание подвижных тяжелых металлов в почве.

Опыт показал, что внесение исследуемых гуминовых препаратов в *цезий-содержащую* серую лесную почву способствовало повышению ее биологической активности по всем анализируемым нами показателями (таблица 7).

Таблица 7 – Изменение показателей биологической активности содержащей цезий серой лесной почвы в эксперименте

Вариант опыта		Увеличение показателей биологической активности почвы по сравнению с контролем, %		
Наименование препарата	Доза препарата	Целлюлозолитическая активность	Протеолитическая активность	Уреазная активность
«Гумат калия»	0,01 % р-р	+ 7,0	+ 16,7	+ 1,9
	0,02 % р-р	+ 10,0	+ 19,5	+ 12,3
«Эдал-КС»	0,01 % р-р	+ 7,0	+ 17,9	+ 6,3
	0,02 % р-р	+ 10,0	+ 21,9	+ 14,7
«Питер-Пит»	0,01 % р-р	+ 6,0	+ 14,2	+ 18,5
	0,02 % р-р	+ 10,0	+ 21,0	+ 26,9
«Ультрагумат»	0,01 % р-р	+ 7,0	+ 2,2	+ 30,0
	0,02 % р-р	+ 10,0	+ 19,4	+ 22,1

Максимальный стимулирующий эффект на показатели биологической активности цезий-содержащей серой лесной почвы оказали препараты, полученные с применением кавитационной технологии, – «Питер-Пит» и «Ультрагумат» в дозе 0,02 % раствора.

Проведенные расчеты интегральных показателей состояния почвы показали, что наиболее выраженное положительное последствие на комплекс анализируемых показателей эколого-биологического и химического состояния серой лесной почвы, загрязненной *тяжелыми металлами*, оказывают препараты «Ультрагумат» в дозе 0,01 % раствора и «Питер-Пит» в дозе 0,01 % и 0,02 % растворов (рисунок 3).

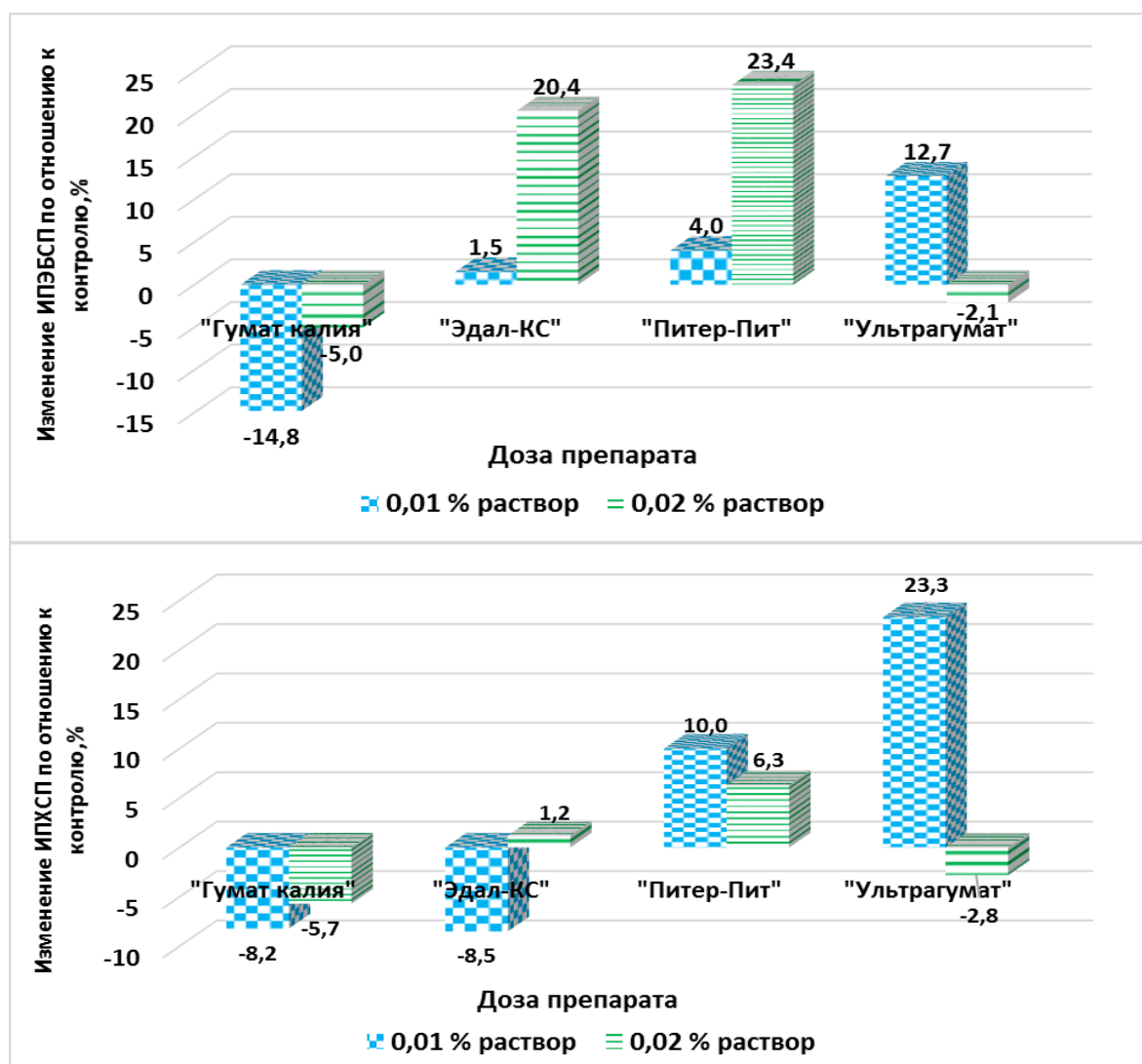


Рисунок 3 – Изменение интегральных показателей состояния почвы в вегетационном опыте № 1

Влияние щелочно-экстрагируемых препаратов на экологическое состояние серой лесной почвы, подверженной высокому уровню загрязнения тяжелыми металлами, было несущественным.

Интегральные показатели позволили установить, что все анализируемые гуминовые препараты оказывают благоприятное последствие на экологическое состояние *цезий-содержащей* серой лесной почвы (рисунок 4).

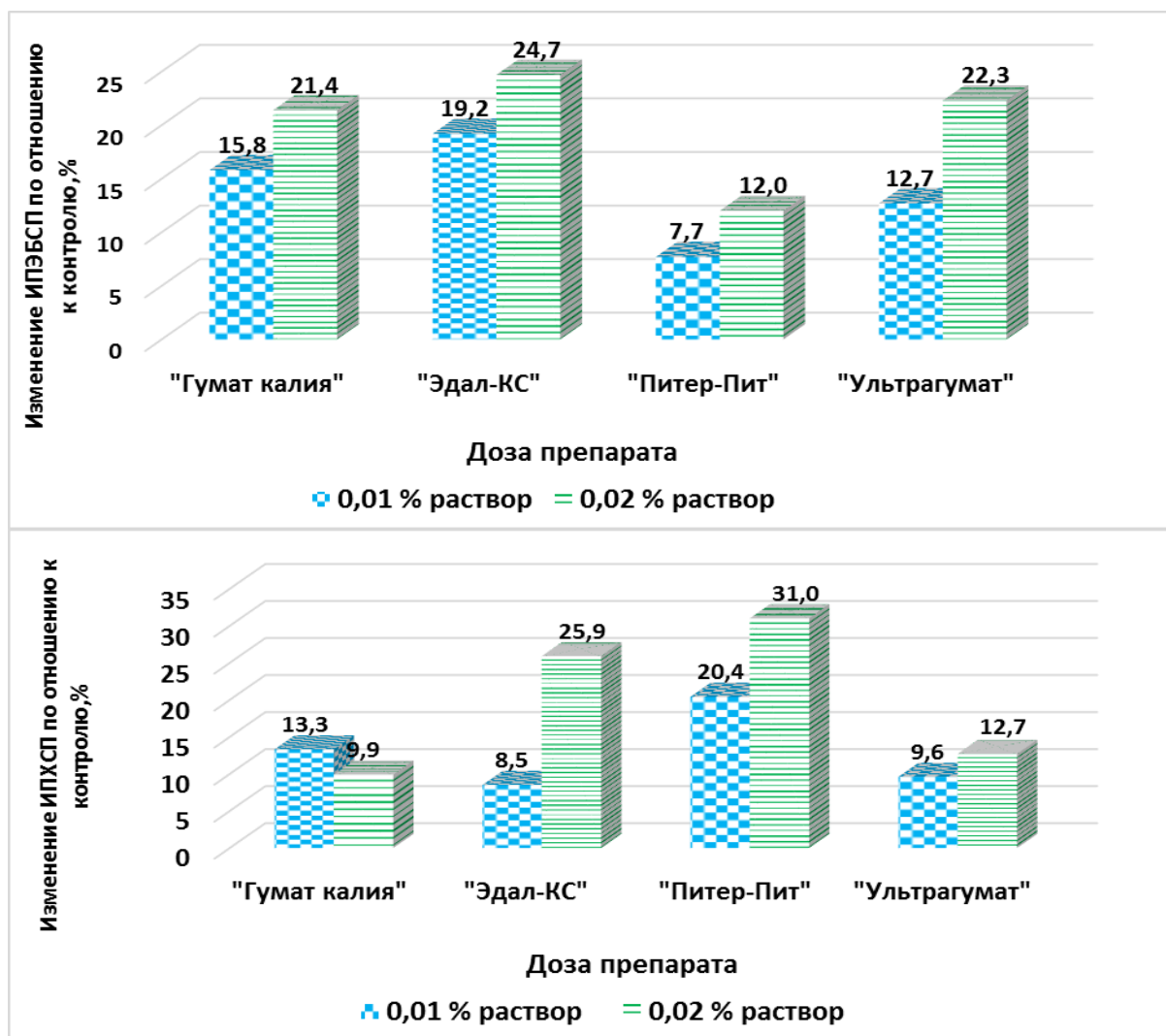


Рисунок 4 – Изменение интегральных показателей состояния почвы в вегетационном опыте № 2

Наиболее выраженный эффект наблюдался при внесении в цезий-содержащую почву препаратов «Питер-Пит» и «Ультрагумат» в дозе 0,02 % раствора.

В четвертой главе «Оценка экономической эффективности применения гуминовых препаратов в целях восстановления техногенно-измененных серых лесных почв» рассмотрен экономический аспект производства гуминовых препаратов по различным технологиям и использования данных препаратов для детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами.

Проведенная сравнительная оценка экономической эффективности производства гуминовых препаратов по традиционной технологии щелочной экстракции и инновационной

технологии ультразвуковой кавитации позволила выявить их основные отличительные особенности (таблица 8).

Таблица 8 – Сравнительная оценка экономической эффективности применения различных технологий производства гуминовых препаратов [по К.Н. Сорокину]

Показатель	Ед. изм.	Технология щелочной экстракции	Технология ультразвуковой кавитации
Капитальные затраты	тыс. руб.	300,0	650,0
Эксплуатационные затраты: Годовой расход электроэнергии	тыс. кВт*ч	19,3	3,1
Затраты на материалы сырье и др. ресурсы	тыс. руб.	920,7 (с учетом щелочи)	209,3
Повышение производительности труда	кол-во раз	–	2,0

Установлено, что кавитационная технология по сравнению с щелочной характеризуется большей производительностью и меньшей энерго- и ресурсоемкостью, позволяя тем самым производить препарат с меньшей себестоимостью.

Кроме того, «Ультрагумат», полученный ультразвуковой кавитацией, характеризуется значительно более высокой концентрацией активных компонентов – гуминовых и фульвовых кислот – по сравнению с щелочно-экстрагируемым «Гуматом калия», что дает возможность снизить общий расход при его использовании.

Таким образом, экспериментально установлено, что препарат «Ультрагумат» характеризуется низкой себестоимостью и минимальным рабочим расходом среди анализируемых препаратов, вследствие чего его применение является весьма привлекательным с экономической точки зрения.

ВЫВОДЫ

1. Исследованные гуминовые препараты обладают типичным для торфяных гуминовых веществ структурно-групповым составом, характеризуются амфифильным строением и не имеют выраженных, существенных структурных отличий между собой.

2. Изученные гуминовые препараты значительно различаются по содержанию основных химических компонентов, что по большей части обусловлено технологией их получения. Отличительной чертой препаратов, произведенных с применением кавитационной технологии, является высокая концентрация в них активных веществ – гуминовых и фульвовых кислот, превышающая таковую в щелочно-экстрагируемых препаратах в 1,5-3,0 раза.

3. Внесение гуминовых препаратов в техногенно-измененную серую лесную почву способствует оптимизации ее химических свойств. Наиболее выраженный эффект наблюдается при использовании препаратов, полученных с применением кавитационной технологии, –

«Ультрагумат», «Питер-Пит». При внесении данных препаратов отмечается увеличение содержания общего азота (до 33 %), обогащение почвы подвижными соединениями фосфора (до 67%) и калия (до 35 %).

4. Проведенная экологическая оценка показала, что под воздействием препаратов, полученных на основе технологии щелочной экстракции («Гумат калия», «Эдал-КС»), преимущественно происходит увеличение подвижности тяжелых металлов в техногенно-измененной почве, а под воздействием препаратов, произведенных по технологии ультразвуковой кавитации («Питер-Пит», «Ультрагумат»), напротив, отмечается снижение содержания подвижных форм тяжелых металлов от 15 до 50 % на различных вариантах опыта.

5. Все анализируемые гуминовые препараты при внесении в техногенно-измененную серую лесную почву нивелируют токсичное действие высоких концентраций тяжелых металлов (Z_c – «опасный»), повышают активность ее целлюлозолитического комплекса, проявляя тем самым детоксицирующие свойства. Однако в отношении протеолитической и уреазной активности почвы данного эффекта не отмечено. Воздействие гуминовых препаратов на показатели биологической активности серой лесной почвы с невысоким уровнем содержания изотопа цезия-137 выражается в стимулировании процессов целлюлолиза, протеолиза, гидролиза мочевины. При этом наиболее эффективны препараты, полученные по технологии ультразвуковой кавитации, – «Ультрагумат» и «Питер-Пит».

6. Комплексная оценка экологического состояния техногенно-измененных серых лесных почв, проведенная на основе расчета интегральных показателей, показала, что по совокупности анализируемых параметров отчетливый положительный эффект отмечен при внесении препаратов, произведенных с использованием технологии ультразвуковой кавитации, – «Ультрагумат» и «Питер-Пит», подтвердив тем самым полученные экспериментальным путем данные.

7. С экономической точки зрения технология ультразвуковой кавитации, являясь более производительной и менее энерго- и ресурсоемкой, по сравнению с щелочной технологией, позволяет производить препарат «Ультрагумат» с наиболее низкой себестоимостью среди изученных препаратов, ввиду чего практические меры по восстановлению почв, подверженных интенсивному техногенному воздействию, основанные на применении данного препарата, не только эффективны с экологической точки зрения, но и экономически целесообразны и выгодны.

Практические рекомендации

1. С целью улучшения общего экологического состояния серых лесных почв, подверженных загрязнению тяжелыми металлами (цинк, свинец, медь, кадмий) в высоких

концентрациях ($Z_c=32-128$), рекомендуется вносить гуминовые препараты «Ультрагумат» и «Питер-Пит» в дозе 0,01 % раствора. Данные практические рекомендации экономически целесообразны и позволят снизить содержание подвижных форм тяжелых металлов в загрязненной почве, оптимизировать ее химические свойства, повысить биологическую активность почвенного микроценоза, способствуя, соответственно, восстановлению техногенно-измененных почв, обеспечению устойчивого функционирования экосистем и рационального природопользования на территории их распространения.

2. На серых лесных почвах, содержащих изотоп цезия-137, также рекомендуется использовать препараты «Питер-Пит» и «Ультрагумат» в дозе 0,02 % раствора для улучшения общего экологического состояния и управления их функционированием путем оптимизации свойств, влияющих на снижение интенсивности процессов миграции цезия по почвенному профилю, и обеспечения тем самым экологической безопасности на территории их распространения.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ (21)

В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Эколого-экономическая оценка влияния гуминовых препаратов на серые лесные почвы, загрязненные тяжелыми металлами и радионуклидами / А.С. Чердакова, Е.С. Иванов, С.В. Гальченко, Н.Т. Сорокин // Научное обозрение. – 2014. – № 9(2). – С. 343-350.

2. Чердакова, А.С. Результаты экспериментальной оценки влияния гуминовых препаратов на процессы диспергирования нефтепродуктов / А.С. Чердакова, С.В. Гальченко, Д.В. Спиридович // Научное обозрение. – 2015. – № 1. – С. 126-131.

3. Чердакова, А.С. Результаты экспериментальной оценки влияния гуминовых препаратов на содержание подвижных форм тяжелых металлов в загрязненной серой лесной почве / А.С. Чердакова, С.В. Гальченко // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2(3). – С. 504-508.

4. Чердакова, А.С. Результаты изучения биоактивных компонентов в структуре гуминовых препаратов, полученных различными технологиями / А.С. Чердакова, С.В. Гальченко, Д.В. Спиридович // Научное обозрение. – 2015. – № 1. – С. 126-131.

5. Чердакова, А.С. Изменение содержания подвижных форм тяжелых металлов в серой лесной почве под влиянием различных гуминовых препаратов / А.С. Чердакова, С.В.

Гальченко, Ю.А. Мажайский // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2016. – № 4. – С. 60-70

В других изданиях:

1. Гуминовые препараты как фактор улучшения качества окружающей среды / А.С. Чердакова, Н.Т. Сорокин, М.А. Гайбарян, Э.И. Смышляев // Материалы Международного агроэкологического форума в 3-х томах, Том 1. –СбП: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2013. – С. 249-257.

2. Чердакова, А.С. Инновационный комплекс для производства гуминовых удобрений и кормовых добавок / А.С. Чердакова, К.Н. Сорокин, Э.И. Смышляев // Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции «Система технологий и машин для инновационного развития АПК России». – М.: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, 2013. – С. 243-246.

3. Гуминовые препараты как фактор улучшения качества окружающей среды / А.С. Чердакова, Н.Т. Сорокин, М.А. Гайбарян, Э.И. Смышляев // Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции «Система технологий и машин для инновационного развития АПК России». – М.: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, 2013. – С. 266-268.

4. Перспективы применения гуминовых препаратов в целях охраны окружающей среды / А.С. Чердакова, Н.Т. Сорокин, С.В. Гальченко, Т.Ф. Персикова // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. – Рязань: ФБГОУ ВПО РГАТУ, 2013. – С. 400-403.

5. Перспективы применения гуминовых препаратов для решения экологических проблем в сельскохозяйственном производстве / А.С. Чердакова, Н.Т. Сорокин, Э.И. Смышляев, С.Ю. Чекуров // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: сб. науч. тр. по материалам международной научно-практической конференции. – Рязань: ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии, 2013. – С. 257-262.

6. Детоксифицирующие свойства гуминовых препаратов / А.С. Чердакова, Н.Т. Сорокин, Е.С. Иванов, С.В. Гальченко // Труды третьей международной научно-практической конференции молодых ученых «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование»: сборник статей. –М.: Буки-Веди, 2014. – С. 171-174.

7. Чердакова, А.С. Современные технологии получения гуминовых препаратов / А.С. Чердакова, Н.Т. Сорокин, С.В. Гальченко // Материалы VI-й Международной научно-практической конференции «Научный поиск – науке и образованию XXI века», Том 2. – Рязань: СТИ, 2014. – С. 160-163.

8. Использование гуминовых препаратов для детоксикации и биостимуляции почв (по результатам модельного эксперимента) / А.С. Чердакова, Н.Т. Сорокин, Е.С. Иванов, С.В. Гальченко // Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Перспективные направления исследований в изменяющихся климатических условиях». – Саратов: ГНУ НИИСХ Юго-Востока Россельхозакадемии, 2014. – С. 459-463.

9. Чердакова, А.С. Инновационные технологии получения гуминовых препаратов / А.С. Чердакова // Новые материалы и технологии: состояние вопроса и перспективы развития: сборник материалов Всероссийской молодежной научной конференции. – Саратов: ООО «Издательский Центр «Наука», 2014. – С. 146-150.

10. Чердакова, А.С. Результаты экспериментальной оценки влияния гуминовых препаратов на экологическое состояние техногенно-загрязненных серых лесных почв / А.С. Чердакова, С.В. Гальченко // Экологический вестник России. – 2014. – № 12. – С. 50-56.

11. Чердакова, А.С. Влияние различных гуминовых препаратов на кислотность серой лесной почвы, загрязненной цезием-137 / А.С. Чердакова, С.В. Гальченко // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения: сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции. –Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – С. 133-137.

12. Чердакова, А.С. Изменение содержания подвижных соединений калия в серой лесной почве, загрязненной изотопом цезия-137, при внесении в нее различных гуминовых препаратов / А.С. Чердакова, С.В. Гальченко, Д.В. Спиридович // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. тр. научных чтений, вып. 11. – Рязань: ФБГОУ ВПО РГАТУ, 2014. – С. 344-348.

13. Чердакова, А.С. Гуминовые препараты как перспективные мелиоранты серых лесных почв, загрязненных изотопом цезия-137 / А.С. Чердакова, С.В. Гальченко, Н.Т. Сорокин // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: сб. науч. тр. по материалам международной научно-практической конференции. – Рязань: ФБГНУ ВНИМС ФАНО РФ, 2014. – С. 172-181.

14. Чердакова, А.С. Изменение протеолитической активности, техногенно-загрязненной серой лесной почвы при внесении различных гуминовых препаратов / А.С. Чердакова, Н.Т. Сорокин, С.В. Гальченко // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства. – 2015. – № 8. – С. 88-93.

15. Чердакова, А.С. Влияние гуминовых препаратов на диспергирование нефтепродуктов / А.С. Чердакова, С.В. Гальченко, Д.В. Спиридович // Материалы научно-практической конференции преподавателей РГУ имени С.А. Есенина по итогам 2014/15 учебного года

«Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина: вековая история как фундамент дальнейшего развития (100-летнему юбилею РГУ имени С.А. Есенина посвящается)». – Рязань: Ряз. гос. ун-т имени С.А. Есенина, 2015. – С. 348-353.

16. Чердакова, А.С. Обоснование необходимости применения пневмосепарации и гуминовых препаратов для очистки нефтезагрязненных сточных вод / А.С. Чердакова, С.В. Гальченко, Е.В. Воробьева // Альманах мировой науки. – 2016. – № 2-3 (5). – С. 166-168. (По материалам международной научно-практической конференции «Наука, образование, общество: тенденции и перспективы»).

Чердакова Алина Сергеевна (Российская Федерация)

Экологическая оценка влияния различных гуминовых препаратов на состояние техногенно-измененных серых лесных почв

В работе впервые проведена научно обоснованная комплексная оценка влияния гуминовых препаратов, полученных с применением традиционной технологии щелочной экстракции и инновационной технологии ультразвуковой кавитации, на показатели экологического состояния серых лесных почв, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами. Выявлены особенности химического и структурно-группового состава исследуемых гуминовых препаратов. Установлено положительное последствие гуминовых препаратов, полученных с применением различных технологий, на химические свойства и показатели биологической активности техногенно-измененных серых лесных почв. Отмечено изменение концентрации подвижных форм тяжелых металлов в загрязненной серой лесной почве при внесении различных гуминовых препаратов.

Cherdakova Alina Sergeevna (Russian Federation)

Environmental assessment impact of the various humic products on the state of man-made changes grey forest soils

For the first time was held a scientific and reasonable comprehensive evaluation of the impact of humic products obtained with the use of traditional technology alkaline extraction and the innovative technology of ultrasonic cavitation on the environmental indicators of grey forest soil polluted with heavy metals and radionuclides. The study reveals the specific chemical and structural-group composition of studied humic products. The paper was identified the positive aftereffect of humic products obtained with the use of various technologies on the chemical properties and indicators of biological activity of man-made changes of grey forest soils. It is noted change in the concentration of mobile forms of heavy metals in contaminated grey forest soil in making various humic products.