

УДК 502/504

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЗАГРЯЗНЕННОЙ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ

Чердакова А.С., Гальченко С.В.

ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина»,
Рязань, e-mail: cerdakova@yandex.ru

В статье приводятся результаты экспериментальной оценки влияния гуминовых препаратов, полученных с применением различных технологий на содержание подвижных форм тяжелых металлов (медь, цинк, свинец, кадмий) в техногенно-измененной серой лесной почве. В ходе исследования анализируются гуминовые препараты, полученные по традиционной технологии щелочной экстракции торфа и инновационной технологии ультразвуковой кавитации торфяной суспензии. Установлено, что инновационная технология ультразвуковой кавитации имеет преимущества перед традиционной технологией щелочной экстракции и позволяет получить более концентрированные гуминовые препараты с нейтральной реакцией среды. Выявлено снижение содержания подвижных форм тяжелых металлов в техногенно-измененной серой лесной почве при внесении 0,01 % раствора гуминовых препаратов, полученных по технологии ультразвуковой кавитации.

Ключевые слова: гуминовые препараты, тяжелые металлы, ультразвуковая кавитация, щелочная экстракция, восстановление почв

THE RESULTS OF THE EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE INFLUENCE OF HUMIC SUBSTANCES ON THE CONTENT OF MOBILE FORMS OF HEAVY METALS IN POLLUTED GREY FOREST SOIL

Cherdakova A.S., Galchenko S.V.

Ryazan State University named for S.A. Esenin, Russia, e-mail: cerdakova@yandex.ru

The article presents the results of an experimental evaluation of the effect of humic substances obtained using different technologies on the content of mobile forms of heavy metals (copper, zinc, lead, cadmium) in technologically-altered gray forest soil. The study analyzed humic preparations obtained by traditional technology alkaline extraction of peat and innovative ultrasonic cavitation peat slurry. It was found that the innovative technology of ultrasonic cavitation has advantages over traditional alkaline extraction technology and provides a more concentrated humic preparations with neutral pH. Showed a reduction in the content of mobile forms of heavy metals in technologically-altered gray forest soil when making 0,01 % solution of humic substances obtained by the technology of ultrasonic cavitation.

Keywords: humic products, heavy metals, ultrasonic cavitation, alkaline extraction, soil remediation

В последние десятилетия интенсивно возрастает техногенный прессинг на различные экосистемы, что является причиной загрязнения всех компонентов окружающей среды токсичными поллютантами, в том числе и тяжелыми металлами (ТМ). Известно, что одним из основных природных депонентов ТМ служит почва, которая при этом является отправной точкой миграции токсикантов по трофической цепи [2, 7].

В настоящее время широко известен целый спектр мероприятий, направленных на восстановление и детоксикацию загрязненных ТМ почв, среди которых наиболее распространены известкование, глинование, фосфоритование, внесение больших доз органических удобрений, применение ионно-обменных смол, фиторемедиация, создание конструктоземов и др. [1, 7]. Многие исследователи отмечают высокую эффективность и экономическую целесообразность использования в целях рекультивации почв, подверженных полиметаллическому загрязнению, экологически безопасных природных соединений на основе гуминовых веществ – гуминовых препаратов (ГП), принцип действия

которых основан на образовании прочных хелатных комплексов гумусовых кислот с ТМ и, следовательно, снижении их подвижности и миграционной активности [3, 5].

Но на данный момент остается открытым вопрос об оптимальных дозах внесения ГП в те или иные почвы, к тому же, с появлением принципиально новых акустических технологий производства ГП, возникает необходимость изучения эффективности их использования для решения экологических задач по сравнению с уже существующими [8].

Длительное время для выделения гуминовых веществ из торфа в основном использовался метод щелочной экстракции, недостатками которого являются малая эффективность по причине разрушения природной структуры гуминовых веществ и использование в процессе производства опасных для окружающей среды щелочей и кислот и др. [6, 8]. В последние десятилетия широко распространение получили инновационные акустические технологии, основанные на использовании кавитационного ультразвукового диспергирования

сырья в водном растворе. Создаваемая газоструйными генераторами, волновая энергия высокой интенсивности позволяет получить ГП с большей концентрацией гуминовых и фульвовых кислот и с высокой биологической активностью по сравнению с препаратами экстрагируемыми щелочью [6, 8].

Целью исследования являлось изучение влияния ГП, полученных с применением различных технологий, на содержание подвижных форм тяжелых металлов в техногенно-измененной серой лесной почве.

Материалы и методы исследования

Анализируемые в ходе исследования ГП были получены на установке, разработанной и изготовленной ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства» ФАНО РФ (ФГБНУ ВНИМС ФАНО РФ). Данная установка представляет собой блочно-модульный комплекс, с помощью которого возможно получать ГП на основе торфа по традиционной технологии щелочной экстракции торфяной пульпы и инновационной технологии ультразвукового кавитационного диспергирования торфяной суспензии, а также в их сочетании.

При получении ГП щелочной экстракцией первоначально торф измельчался в жидкой среде с помощью установки роторно-инерционного действия до размера частиц 150–100 мкм. Полученная таким образом суспензия направлялась в реактор, где в качестве реагента добавлялась щелочь (гидроксид калия) и в условиях нагрева (до 60–70 °С) и перемешивания (140 об/мин) осуществлялся процесс щелочной экстракции. Далее продукт, не охлаждаясь, подавался на устройство для многоступенчатой очистки.

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, и далее направлялась на фильтрующее устройство.

Оценка влияния анализируемых ГП на содержание подвижных форм тяжелых металлов в техногенно-измененной серой лесной почве осуществлялась в условиях модельного вегетационного эксперимента, где была смоделирована третья категория загряз-

нения (по суммарному коэффициенту загрязнения Zс) серой лесной почвы тяжелыми металлами (цинк, свинец, кадмий, медь) – «опасная». Для закладки данного эксперимента были отобраны образцы серой лесной почвы, с фоновым содержанием анализируемых тяжелых металлов (цинк, свинец, кадмий, медь). Отбор образцов осуществлялся методом конверта в соответствии с требованиями ГОСТ 28168-89 «Почвы. Отбор проб». Моделирование искусственного загрязнения тяжелыми металлами осуществлялось путем внесения в сосуды с почвой их водорастворимых солей: 3CdSO₄*8H₂O, Pb(NO₃)₂, ZnSO₄*7 H₂O, CuSO₄*5 H₂O. Схема опыта включала в себя варианты обработки почвы анализируемыми препаратами, каждый из которых применялся в двух экспериментальных дозах – в виде 0,01 % и 0,02 % растворов. Контролем служили почвенные образцы серой лесной почвы без обработки ГП. Повторность на всех вариантах опыта – четырехкратная.

Содержание подвижных форм ТМ в почвенных образцах определялось в соответствии с Методическими указаниями ..., 1992 [4].

Результаты исследования и их обсуждение

В соответствии с поставленными задачами на установке ФГБНУ ВНИМС ФАНО РФ нами был получен ряд ГП с использованием различных технологий, изучены их свойства, которые представлены в таблице.

Обобщив и проанализировав данные, полученные в результате исследований свойств различных ГП, нами был сделан вывод, что инновационная технология ультразвуковой кавитации позволяет увеличить выход гуминовых и фульвовых кислот в 2–3 раза, то есть получить более концентрированный препарат.

Мы считаем, что применение избытка щелочи в процессе производства ГП по традиционной технологии обуславливает слабощелочную и щелочную реакцию получаемых препаратов, а исключение из технологического процесса щелочного реагента при ультразвуковом диспергировании торфа дает возможность получить препарат с нейтральной реакцией среды.

Гуминовые препараты, используемые при проведении исследований

	Наименование препарата					
	Гумат калия	Биогумат	Гумат-КР	«Эдал-КС»*	«Питер-Пит»*	Гумат-УК
сырье	торф	биогумус	торф с силикатными модулями	торф	торф	торф
технология получения	щелочная экстракция (с использованием КОН)				ультразвуковая кавитация	
pH, ед. pH	8,5	9,0	9,0	8,0	7,5	7,0
Сумма гуминовых и фульвовых кислот, г/л	20,0	25,5	25,5	26,0	30,0	65,0

Примечание. * товарные гуминовые препараты, широко представленные на российском рынке.

В условиях модельного вегетационного эксперимента исследовалось влияние всех полученных ГП на содержание подвижных форм тяжелых металлов в техногенно-измененной серой лесной почве. Было установлено, что различные ГП оказывают неодинаковое действие на данный показатель. Так, содержание подвижных соединений меди на большинстве вариантов опыта с внесением ГП увеличивалось, при этом максимальный эффект отмечен при использовании препаратов Биогумат, Питер-Пит в дозе 0,02% раствора и препаратов Гумат калия, Эдал-КС в дозе 0,01% раствора (рис. 1).

Снижение содержания подвижной меди в эксперименте выявлено при внесении препаратов Питер-Пит и Гумат-Ук в дозе 0,01% раствора.

Опытным путем установлено разнонаправленное действие ГП на содержание подвижных форм цинка в загрязненной ТМ почве (рис. 2).

Так, если препараты Гумат-КР, Биогумат в дозе 0,02% раствора и Гумат калия в дозе 0,01% раствора способствуют увеличению содержания подвижного цинка, то препараты Питер-Пит в дозе 0,01% раствора и Гумат-УК в двух экспериментальных дозах оказывают обратный эффект. При этом наиболее выражено действие Гумата-УК, применение которого позволяет снизить содержание подвижного цинка до 50% по сравнению с контрольным вариантом опыта.

В эксперименте отмечалось и возрастание содержания подвижных соединений свинца под воздействием всех анализируемых ГП в концентрации 0,02% раствора (рис. 3). На вариантах опыта с использованием препаратов Гумат-КР, Питер-Пит и Гумат-УК в дозе 0,01% раствора, напротив наблюдалось снижение данного показателя на 15–25%.

Максимальное содержание подвижного кадмия отмечалось на вариантах опыта с использованием препаратов Биогумат и Питер-Пит в дозе 0,02% раствора (рис. 4).

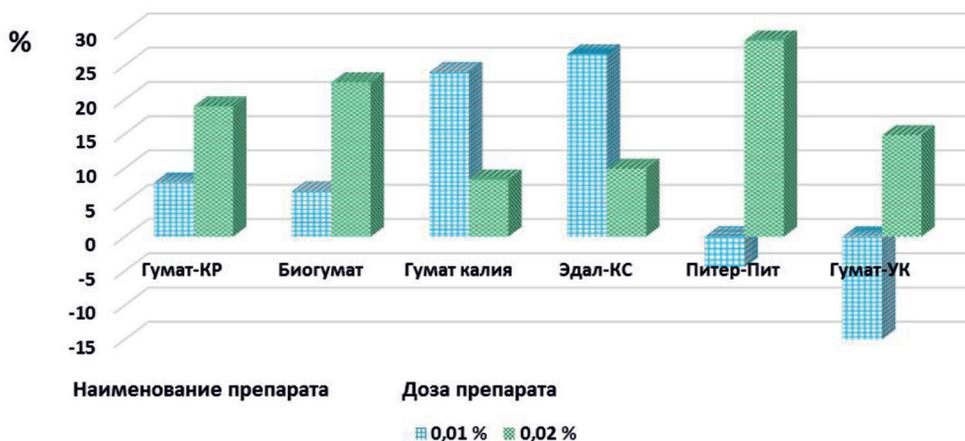


Рис. 1. Изменение содержания подвижных форм меди по сравнению с контролем

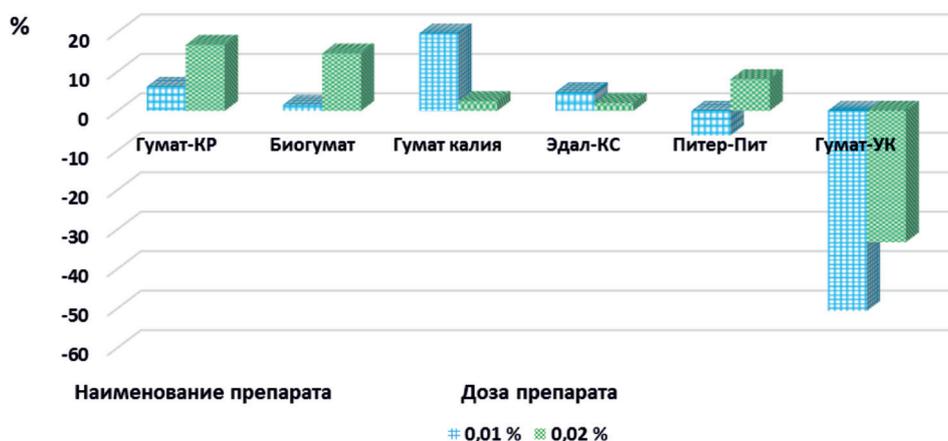


Рис. 2. Изменение содержания подвижных форм цинка по сравнению с контролем

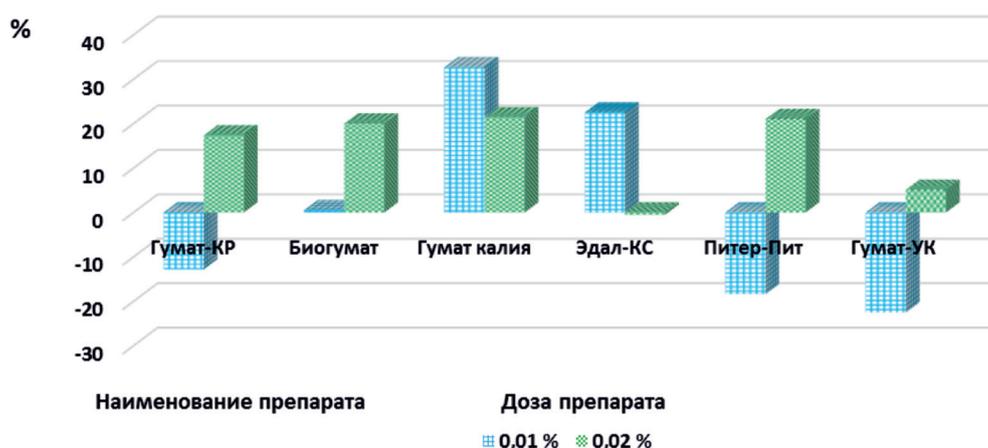


Рис. 3. Изменение содержания подвижных форм свинца по сравнению с контролем



Рис. 4. Изменение содержания подвижных форм кадмия по сравнению с контролем

При этом, препараты Гумат калия, Питер-Пит и Гумат-УК в дозе 0,01% раствора позволяют снизить содержание подвижных форм кадмия, что в максимальной мере проявляется на варианте опыта с применением Гумата-УК.

Заключение

Таким образом, выявлено, что внесение ГП, полученных с применением различных технологий и в разных концентрациях в техногенно-измененную серую лесную почву способствует увеличению содержания подвижных соединений ТМ. Экспериментальным путем установлено, что препараты, полученные по технологии ультразвуковой кавитации (Питер-Пит, Гумат-УК) в дозе 0,01% раствора, напротив, снижают содержание подвижных форм ТМ по сравнению с контрольным вариантом опыта на 15...50%. Для разрешения данного противоречия не-

обходимо проведение дальнейших исследований по изучению элементного, компонентного (соотношения гуминовых, фульвовых кислот и др. компонентов) и структурно-группового состава препаратов (ароматические, алифатические компоненты, карбоксильные, гидроксильные функциональные группы и др.). Данное предположение основывается на том, что некоторые отечественные исследователи также подтверждают необходимость более детального изучения свойств ГП, отмечая варьированность их действия на процессы комплексобразования с ТМ в зависимости от структурных особенностей препаратов [3].

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 14-05-97502 «Эколого-экономическая оценка влияния инновационных гуминовых препаратов на состояние техногенно-измененных серых лесных почв».

Список литературы

1. Гальченко С.В. Оценка влияния техногенных выбросов на экологическое состояние урбанизированных систем (на примере города Рязани): дис. ... канд. биол. наук. – Рязань, 2002. – 160 с.

2. Дegradация и охрана почв / Под общей редакцией акад. РАН В.Г. Добровольского. – М.: Издательство МГУ, 2002. – 654 с.

3. Куликова Н.А. Защитное действие гуминовых веществ по отношению к растениям в водной и почвенной средах в условиях абиотических стрессов: дис. ... д-р. биол. наук. – М., 2008. – 302 с.

4. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. Утв. Минсельхозом РФ 10.03.1992. – 35 с.

5. Перминова И.В., Жилин Д.М. Гуминовые вещества в контексте зеленой химии // Зеленая химия в России. – М.: Издательство МГУ, 2004. – С. 146–163.

6. Сорокин К.Н. О новых технических подходах в технологии производства комплексных удобрений на базе гуминовых // Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства. – Рязань: ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии, 2013. – С. 81–95.

7. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение / Под общей редакцией акад. МАЭН М.В. Овчаренко. – М.: ЦИНАО, 1997. – 290 с.

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

References

1. Gal'chenko S.V. Ocenka vlijaniya tehnogennyh vybrosov na jekologicheskoe sostojanie urbanizirovannyh sistem (na primere goroda Rjazani): dis. ... kand. biol. nauk. Rjazan', 2002. 160 p.

2. Degradacija i ohrana pochv / Pod obshhej redakciej akad. RAN V.G. Dobrovol'skogo. M.: Izdatel'stvo MGU, 2002. 654 p.

3. Kulikova N.A. Zashhitnoe dejstvie guminovyh veshhestv po odnosheniju k rastenijam v vodnoj i pochvennoj sredah v usloviyah abioticheskikh stressov: dis. ... d-r. biol. nauk. M., 2008. 302 p.

4. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniju tjazhelyh metallov v pochvah sel'hozugodij i produkcii rastenievodstva. Utv. Minsel'hozom RF 10.03.1992. 35 p.

5. Perminova I.V., Zhilin D.M. Guminovye veshhestva v kontekste zelenoj himii // Zelenaja himija v Rossii. M.: Izdatel'stvo MGU, 2004. pp. 146–163.

6. Sorokin K.N. O novyh tehniceskikh podhodah v tehnologii proizvodstva kompleksnyh udobrenij na baze guminovyh // Problemy mehanizacii agrohimicheskogo obsluzhivaniya sel'skogo hozjajstva. Rjazan': GNU VNIMS Rossel'hozakademii, 2013. pp. 81–95.

7. Tjazhelye metally v sisteme pochva-rastenie-udobrenie / Pod obshhej redakciej akad. MAJeN M.V. Ovcharenko. M.: CINAО, 1997. 290 p.

8. Cherdakova A.S., Gal'chenko S.V. Innovacionnye tehnologii poluchenija guminovyh preparatov // Novye materialy i tehnologii: sostojanie voprosa i perspektivy razvitija: sbornik materialov Vserossijskoj molodezhnoj nauchnoj konferencii. Saratov: OOO Izdatel'skij Centr «NAUKA», 2014. pp. 146–150.

Рецензенты:

Евтюхин В.Ф., д.б.н., к.с.-х.н., доцент, профессор кафедры экономики и менеджмента ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань;

Мажайский Ю.А., д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник Мещерского филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», г. Рязань.

Работа поступила в редакцию 12.02.2015.