

УДК 502/504

## РОЛЬ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ В ВОССТАНОВЛЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

**А. С. Чердакова, С. В. Гальченко, С. А. Егорова**

*Рязанский государственный университет им. С. А. Есенина,  
ул. Свободы, 46, 390000, г. Рязань, Российская Федерация, [cerdakova@yandex.ru](mailto:cerdakova@yandex.ru)*

В статье анализируются перспективы применения различных гуминовых препаратов с целью восстановления серых лесных почв, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами. Установлено, что внесение гуминовых препаратов в загрязненные почвы приводит к улучшению их экологического состояния по ряду химических и биологических показателей (концентрация подвижных форм тяжелых металлов; pH солевой вытяжки, содержание общего азота, подвижных соединений фосфора и калия; целлюлозолитическая, протеолитическая и уреазная активность).

**Ключевые слова:** гуминовые препараты; загрязнение почв; серые лесные почвы; тяжелые металлы; радионуклиды; техногенно-измененные почвы.

## THE ROLE OF HUMIC PREPARATIONS IN RESTORING THE ECOLOGICAL STATE OF CONTAMINATED SOILS

**A. S. Cherdakova, S. V. Galchenko, S. A. Egorova**

*Ryazan State University named for S. Yesenin,  
Svobody st., 46, 390000, Ryazan, Russian Federation, [cerdakova@yandex.ru](mailto:cerdakova@yandex.ru)*

The article analyzes the prospects for using various humic preparations for the purpose of restoring gray forest soils contaminated with heavy metals and radionuclides. It has been established that the introduction of humic preparations into contaminated soils leads to an improvement in their ecological state in terms of a number of chemical and biological indicators (concentration of mobile forms of heavy metals; pH of the salt extract, content of total nitrogen, mobile compounds of phosphorus and potassium; cellulolytic, proteolytic and urease activity).

**Keywords:** humic preparations; soil pollution; gray forest soils; radionuclides; heavy metals; technogenically modified soils.

Интенсификация процессов деградации компонентов окружающей среды под воздействием возрастающего техногенного прессинга обуславливает необходимость научного поиска высокоэффективных, экологически безопасных и экономически выгодных способов их восстановления. В аспекте развития принципов «зеленой химии» весьма

перспективным является использование для данных целей природных соединений, в том числе гуминовых веществ и препаратов на их основе.

Основными свойствами, характеризующими особенности поведения гуминовых веществ в окружающей среде, являются их полидисперсность, химическая гетерогенность, амфифильность, нестехиометричность состава и др. [1, с. 1110]. Указанные свойства определяют уникально широкий спектр физико-химических взаимодействий, в которые могут вступать гуминовые вещества. Среди них важнейшими являются: ионообменное, донорно-акцепторное, сорбционное и гидрофильно-гидрофобное взаимодействия с различными соединениями органической и неорганической природы. Данные факты свидетельствуют о большом потенциале применения гуминовых веществ в различных целях, в том числе для восстановления загрязненных природных сред, очистки сточных вод, нейтрализации и обезвреживания токсичных отходов и др. [2, с. 12; 3, с. 23].

Современные технологии производства промышленных гуминовых препаратов предоставляют возможность получения продукта с заданными свойствами, что открывает перспективы для расширения сфер их практического использования, в том числе и для решения прикладных экологических задач. При этом остается открытым целый ряд вопросов, не только касающихся непосредственно свойств и характеристик гуминовых веществ, как класса органических соединений, но и связанных с применением препаратов на их основе. Так, недостаточно данных об особенностях состава и свойств гуминовых препаратов в зависимости от технологии их получения; закономерностях взаимодействия гуминовых веществ в составе препаратов с неорганическими и органическими почвенными и водными загрязнителями; эффективности использования препаратов для восстановления природных сред, подверженных различным уровням загрязнения и др. [2, с. 52; 3, с. 73]

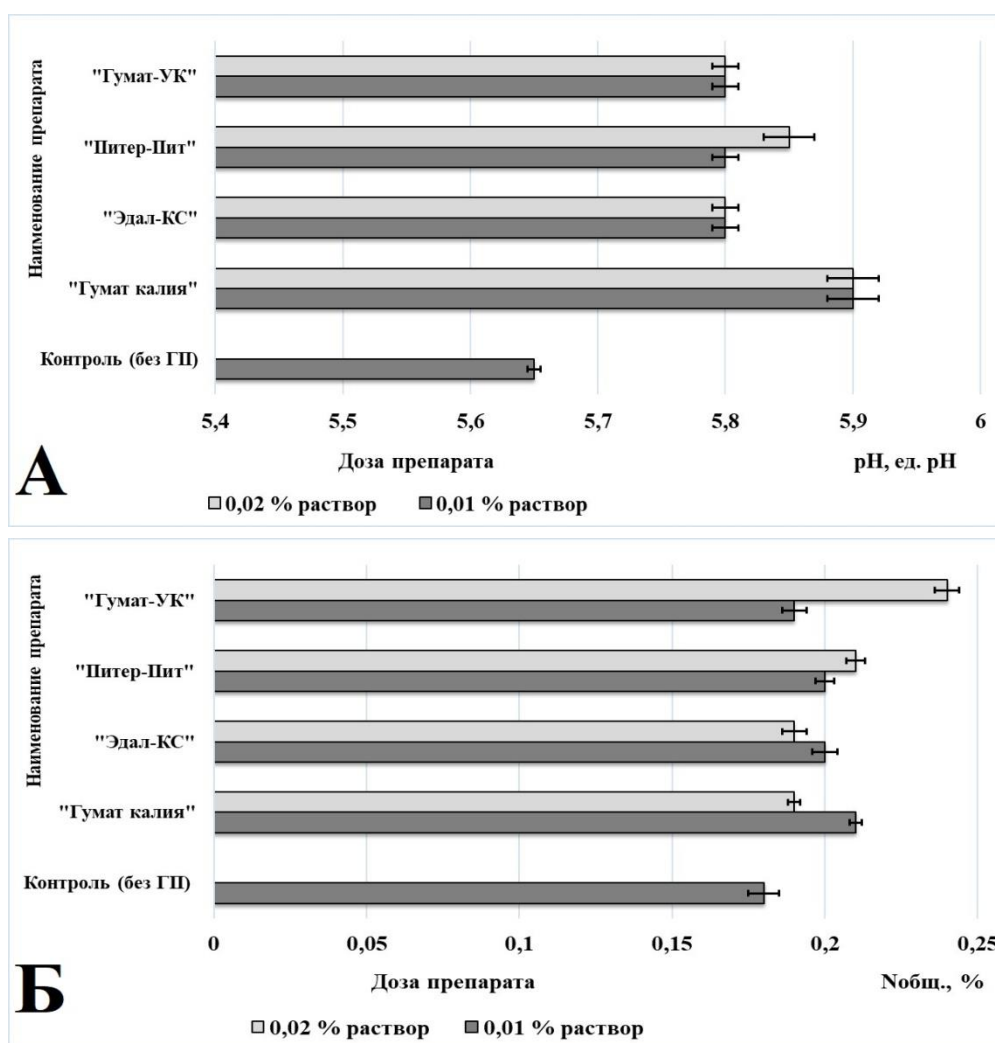
Целью исследования являлась оценка перспектив применения гуминовых препаратов, полученных с использованием различных технологий, для восстановления техногенно-измененных серых лесных почв, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами.

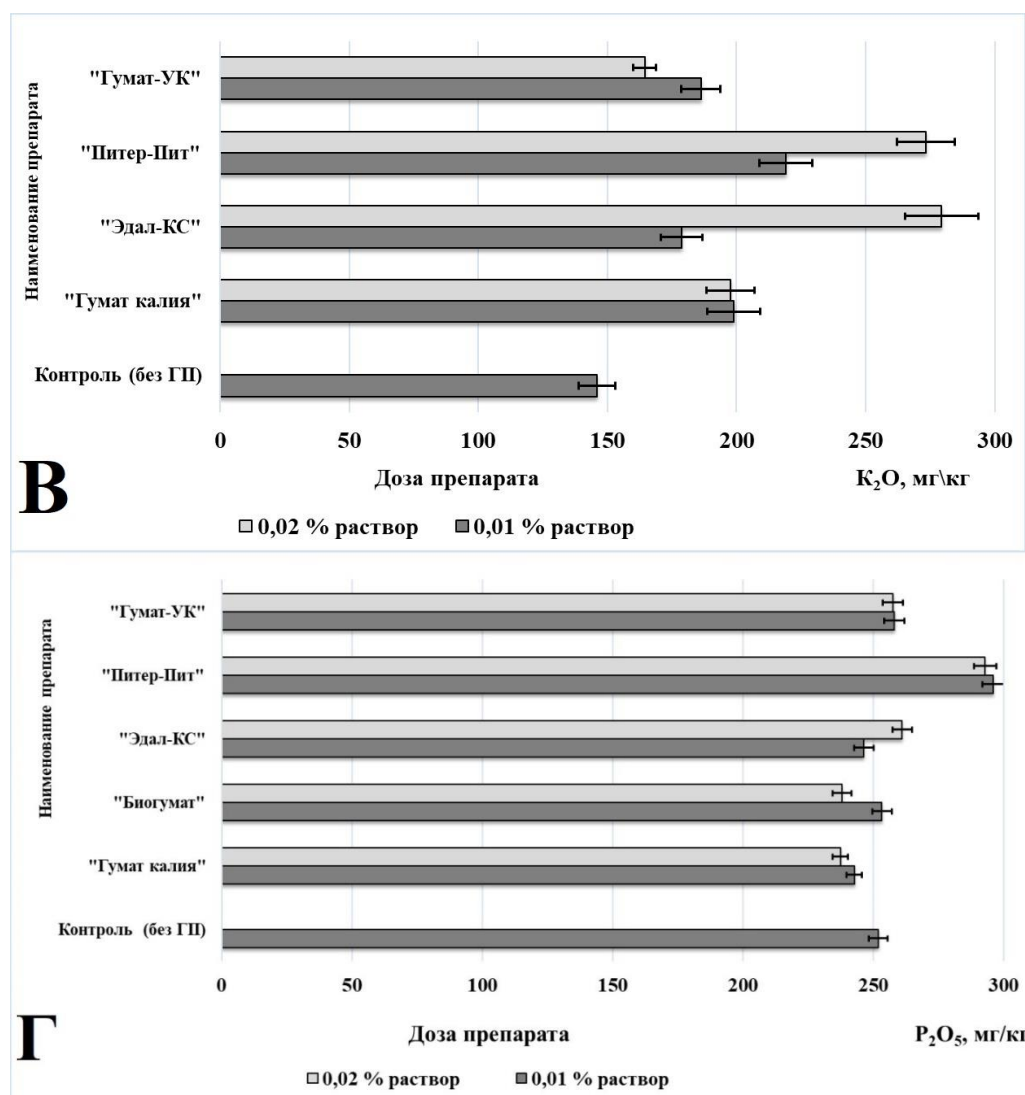
Объектом исследования выступали гуминовые препараты, полученные из торфа с использованием различных технологий, а именно: «Гумат калия» (щелочная экстракция), «ЭДАЛ-КС» (щелочная экстракция), «Гумат-УК» (ультразвуковая кавитация), «Питер-Пит» (сочетание ультразвуковой кавитации и щелочной экстракции). Критериями оценки влияния анализируемых гуминовых препаратов на экологическое состояние техногенно-измененных серых лесных почв служил ряд показателей: содержание загрязнителей в почве (концентрация подвижных форм тяжелых металлов); химические показатели экологического состояния почвы ( $pH$  солевой вытяжки,

содержание общего азота, подвижных соединений фосфора и калия); показатели биологической активности почвы (целлюлозолитическая, протеолитическая, уреазная).

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). 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.

Установлено, что внесение исследуемых гуминовых препаратов в техногенно-измененные серые лесные почвы оказало выраженное положительное влияние на ряд их химических показателей (рисунок).





А – изменение агрохимических свойств загрязненной изотопом цезия-137 серой лесной почвы под влиянием различных гуминовых препаратов: значение pH солевой вытяжки почвы в эксперименте; Б – изменение содержания общего азота в эксперименте; В – изменение содержания подвижных форм калия в эксперименте; Г – изменение содержания подвижных форм фосфора в эксперименте

Так, под воздействием препаратов отмечалось увеличение содержания в почвенных образцах важнейших биофильных макроэлементов — азота, фосфора и калия, а также наблюдалось снижение кислотности почвенного раствора. Стоит заметить, что наиболее существенные изменения анализируемых химических показателей загрязненных почв регистрировались при использовании гуминовых препаратов, полученных по технологии ультразвуковой кавитации — «Гумат-УК» и «Питер-Пит».

Установлено, что на содержание подвижных форм тяжелых металлов в техногенно-измененной почве гуминовые препараты, произведенные по различным технологиям, влияют неодинаково. Так, если препараты, полученные с применением технологии ультразвуковой кавитации, преимущественно снижают содержание подвижных форм тяжелых металлов от 15 до 50 %, то щелочно-экстрагируемые препараты, такие как «Гумат калия» и «ЭДАЛ-КС», напротив, увеличивают подвижность исследуемых загрязнителей.

Установлено, что все исследуемые гуминовые препараты способствуют повышению биологической активности микробного ценоза техногенно-измененных серых лесных почв, проявляют выраженные детоксицирующие свойства по отношению к таким почвенным загрязнителям, как тяжелые металлы и радионуклиды. Так, внесение всех анализируемых гуминовых препаратов способствует увеличению активности целлюлозолитического комплекса загрязненных почв. При этом максимальное положительное воздействие оказывают препараты, полученные по кавитационной технологии — «Питер-Пит» и «Гумат-УК». Под влиянием данных препаратов активность почвенных целлюлаз возрастает более чем на 20 %. Аналогичный эффект наблюдается и в отношении протеолитической и уреазной активности почв. Препараты «Питер-Пит» и «Гумат-УК» более чем на 20 % повышают активность протеаз и уреаз загрязненных почв.

Таким образом, внесение гуминовых препаратов в серые лесные почвы, загрязненные тяжелыми металлами и радионуклидами, приводит к улучшению их общего экологического состояния по ряду показателей. Выраженность наблюдаемого эффекта во многом зависит от характеристик препаратов, которые в свою очередь, по большей части, определяются технологией их получения. Уникальные свойства гуминовых веществ открывают широкие возможности для их применения в области оздоровления окружающей среды [4, с. 115; 5, с. 512]. При этом создание эффективных и действенных природоохранных и природовосстановительных инновационных технологий на основе гуминовых препаратов требует решения еще целого ряда открытых фундаментальных и прикладных научных вопросов.

### **Библиографические ссылки**

1. *Perminova I. V.* From green chemistry and nature-like technologies towards ecoadaptive chemistry and technology // *Pure and Applied Chemistry*. 2021. № 91 (5). P.1110.
2. *Makan A.* Humic Substances. Vena; IntechOpen, 2021. 184 p.
3. *Kim H. Tan* Humic Matter in Soil and the Environment: Principles and Controversies, Second Edition. Boca Raton: CRC Press, 2014. 495 p.

4. Editorial Humic substances and living systems: impact on environmental and human health / I. V. Perminova [et al.] // Environmental Research. 2022. № 194. P. 110–126.
5. Nanomaterials for Environmental Protection / B. I. Kharisov, H. V. Rasika Dias, O. V. Kharissova. New York City: Wiley, 2014. 592 p.