

А. С. ЧЕРДАКОВА, С. В. ГАЛЬЧЕНКО

**ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ,
ЗАГРЯЗНЕННОЙ ИЗОТОПОМ ЦЕЗИЯ-137
ПРИ ВНЕСЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ**

*Рязанский государственный университет им. С. А. Есенина,
г. Рязань, Российская Федерация,
a.cherdakova@365.rsu.edu.ru*

В статье приводятся результаты исследований по изучению влияния различных гуминовых препаратов на агрохимические свойства серой лесной почвы, загрязненной изотопом цезия-137. В ходе экспериментальных исследований установлено, что внесение гуминовых препаратов в загрязненную серую лесную почву способствует улучшению ее агрохимических свойств и создает благоприятные условия для ее экологического оздоровления.

Ключевые слова: гуминовые препараты, загрязнение почв, радионуклиды, серая лесная почва, агрохимические свойства почвы.

Последние десятилетия не теряет своей актуальности проблема радиоактивного загрязнения всех компонентов окружающей среды, в том числе и почв.

Опасность радиоактивного загрязнения почв обусловлена, во-первых, прямым ионизирующим воздействием на живые организмы (внешнее облучение), во-вторых, риском накопления радионуклидов в звеньях трофической цепи (внутреннее облучение). Ввиду чего мероприятия по минимизации негативных последствий радиоактивного загрязнения почв в основном направлены на уменьшение дозовых нагрузок на биоту, и, в первую очередь, снижение объемов поступления радионуклидов в фитомассу сельскохозяйственных культур. В данном аспекте наиболее действенны такие меры, как ограничение хозяйственной деятельности на загрязненных территориях и проведение мелиорации почв.

Агрохимическая мелиорация осуществляется с целью улучшения физико-химических свойств радиоактивно-загрязненных почв, повышения их общего плодородия, снижения уровня кислотности почвенного раствора, усиления конкурентного взаимодействия между ионами радионуклидов и их химическими аналогами, создания оптимальных условий питания растений и др. Особенно эффективны комплексные «зеленые» технологии, применение которых позволяет решить практически весь спектр перечисленных задач, без риска вторичного загрязнения почв и снижения их продукционного потенциала [1–3, 5]. Весьма перспективны в указанном ключе органо-минеральные препараты на основе экологически безопасных соединений естественного происхождения – гумусовых веществ. В настоящее время в научной литературе приводятся многочисленные сведения касательно положительного влияния гуминовых препаратов (ГП) на химические, физические и биологические свойства техногенно-измененных почв, в том числе и подверженных радиоактивному загрязнению [4, 6, 7]. Ввиду широких возможностей применения ГП постоянно совершенствуются технологии их получения. В зависимости от применяемой технологии производства существенно варьируют состав и свойства ГП, а, следовательно, и их потенциал к восстановлению почв. В этой связи, проведение исследований по оценке перспектив использования различных ГП для агрохимической мелиорации почв, загрязненных радионуклидами, приобретает особую значимость и актуальность.

Цель исследования заключалась в изучении влияния различных ГП на экологически значимые агрохимические показатели загрязненных радионуклидами почв.

Объектом исследования выступали ГП, полученные нами на установке, разработанной и изготовленной Институтом технического обеспечения сельского хозяйства – филиалом Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», а также широко представленные на отечественном рынке товарные ГП. Характеристика исследуемых в ходе работы ГП приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики экспериментальных гуминовых препаратов

Показатели	«Гумат калия»	«Эдал-КС»*	«Питер-Пит»*	«Гумат-УК»
технология получения	щелочная экстракция (с использованием КОН)		сочетание ультразвуковой кавитации и щелочной экстракции	ультразвуковая кавитация
pH, ед. pH	8,50	8,00	7,50	7,00
Сумма гуминовых и фульвокислот, г/л	20,00	26,00	40,00	65,00
Азот общий, г/л	1,26	1,00	2,00	3,70
Фосфор общий, г/л	0,25	0,10	17,60	0,50
Калий общий, г/л	5,63	6,50	31,30	1,20
Концентрация ионов калия (K^+), г/л	0,06	0,14	3,81	0,01
Концентрация ионов кальция (Ca^{2+}), г/л	0,07	0,03	0,01	0,27
* товарные гуминовые препараты				

Следует отметить, что состав ГП, существенно зависит от технологии их производства. Так, ГП полученные с применением кавитационной технологии («Питер-Пит», «Гумат-УК») заметно отличаются от экстрагируемых щелочью препаратов по целому ряду показателей. Во-первых, они имеют значительно более высокую концентрацию главных активных компонентов – гуминовых и фульвокислот. Во-вторых, они отличаются более высоким содержанием общего азота и фосфора. В-третьих, они имеют нейтральную и слабощелочную реакцию среды, тогда как для препаратов, полученных экстрагированием, характерна щелочная реакция. При этом, ввиду использования в процессе щелочной экстракции гидроксида калия, полученные таким способом препараты («Гумат калия» и «Эдал-КС») отличаются повышенным содержанием ионной и валовой форм калия по сравнению с «Гуматом-УК», произведенном без применения щелочи. Максимальное содержание калия, а также фосфора характерно для препарата «Питер-Пит» ввиду обогащения его в процессе производства минеральными компонентами.

Влияние исследуемых ГП на агрохимические свойства серой лесной почвы, загрязненной цезием-137 оценивали в условиях вегетационного эксперимента. В эксперименте использовались образцы серой лесной почвы (один из наиболее распространенных типов почв в зонах влияния Восточно-Уральского и Чернобыльского радиоактивного следа), загрязненной в результате аварии на ЧАЭС изотопом цезия-137. Исследуемые ГП вносили в почву в виде 0,01 % и 0,02 % водных растворов. Контролем выступали образцы серой лесной почвы без внесения препаратов. Повторность на всех вариантах эксперимента – четырехкратная. Продолжительность экспозиции экспериментальных образцов составляла четыре месяца.

Изменение агрохимических свойств загрязненной цезием-137 серой лесной почвы под воздействием ГП оценивали по следующим показателям: pH солевой вытяжки (по ГОСТ 26483-85), содержание общего азота (по ГОСТ Р 58596-2019), подвижных соединений фосфора и калия (по ГОСТ 54650-2011).

Проведенные исследования показали, что внесение ГП в загрязненную цезием-137 серую лесную почву способствует изменению ее агрохимических свойств, но направленность и выраженность данного процесса во многом обусловлена составом вносимых препаратов (таблица 2).

Таблица 2 – Изменение агрохимических свойств загрязненной изотопом цезия-137 серой лесной почвы под влиянием различных ГП

Вариант опыта		Агрохимические показатели			
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	251,90	145,90	0,18
«Гумат калия»	0,01% водный р-р	5,90	242,70	198,90	0,21
	0,02% водный р-р	5,90	237,90	197,60	0,19
«Эдал-КС»	0,01% водный р-р	5,80	246,40	178,80	0,20
	0,02% водный р-р	5,80	261,10	279,50	0,19
«Питер-Пит»	0,01% водный р-р	5,80	296,00	219,00	0,20
	0,02% водный р-р	5,85	292,90	273,30	0,21
«Гумат-УК»	0,01% водный р-р	5,80	258,00	186,20	0,19
	0,02% водный р-р	5,80	257,50	164,40	0,24
* загрязненная изотопом цезия-137 серая лесная почва без внесения ГП					

Отмечено, что все анализируемые ГП способствуют снижению кислотности почвы в эксперименте в среднем на 0,2-0,3 единицы pH. При этом максимальное увеличение значений pH солевой вытяжки почвы наблюдалось при внесении «Гумата калия». По нашему мнению, данное обстоятельство обусловлено щелочной реакцией самого препарата. Среди исследуемых нами ГП, для него характерны максимальные значения pH (pH = 8,50). Интересен тот факт, что препарат «Гумат-УК» имея нейтральную реакцию также, как и щелочные ГП способствует снижению кислотности почвы. Указанное обстоятельство мы связываем с высоким содержанием в «Гумате-УК» ионной формы кальция – максимальным среди анализируемых препаратов. Поскольку катионы кальция активно замещают в ППК ионы водорода и алюминия и нейтрализуют их, то применение данного препарата будет способствовать снижению кислотности почвы.

Выявлено, что внесение ГП в загрязненную цезием-137 серую лесную почву, приводит к повышению содержания в ней общего азота, что наиболее выражено на вариантах опыта с использованием препарата «Гумат-УК». Причиной чего выступает высокое содержание азота в данном препарате. Так, содержание азота в «Гумате-УК» превышает таковое в других исследуемых препаратах в 1,5-3,5 раза.

Под влиянием всех проанализированных ГП наблюдалось увеличение концентраций подвижного фосфора и калия в почве, но наиболее существенное влияние оказали препараты «Питер-Пит» и «Эдал-КС» в дозе 0,02 % раствора, что объясняется значительным содержанием данных компонентов в их составе. Причем обеспеченность почвы фосфором на указанных вариантах опыта возросла с высокой до очень высокой, а калием с повышенной до очень высокой.

Таким образом, наблюдаемые изменения агрохимических свойств загрязненной цезием-137 серой лесной почвы при внесении ГП создают благоприятные условия для ее экологического оздоровления. Поскольку, во-первых, снижение кислотности почвенного раствора способствует минимизации миграционной активности цезия-137; во-вторых, увеличение

содержания элементов минерального питания растений (N, P, K) приведет к стимуляции процессов прироста фитомассы и, следовательно, снижению концентрации в ней радионуклида; в-третьих, повышение содержания в почве калия, как основного химического антагониста цезия приведет к снижению интенсивности процессов его бионакопления.

Список литературы

- 1 Khetsuriani, M. The impact of agrochemicals on radionuclide concentrations in soil // Specialized and multidisciplinary scientific researches. – Amsterdam: European Scientific Platform, 2020. – PP. 64–65.
- 2 Methods for Decrease of Radionuclides Transfer from Soil to Agricultural Vegetation / A. V. Voronina, V. S. Semenishchev, M. O. Blinova, P. Ju. Sanin // In book: Radionuclides in the Environment. – Switzerland: Springer International Publishing, 2015. – PP. 185–207.
- 3 Phytoremediation of radionuclides in soil, sediments and water / L. Yan, Q. Van Le, C. Sonne et al. Journal of Hazardous Materials, 2020, no. 407, PP. 124–127.
- 4 Radionuclide uptake by colloidal and particulate humic acids obtained from 14 soils collected worldwide / P. Lin, C. Xu, W. Xing et al. Scientific Reports, 2018, no. 8 (1), PP. 23–27.
- 5 Studying the treatment processes of soil samples from radionuclides / K. F. M. Or Mamedov, H. N. Shiraliyeva, E. I. Mehtiyev et al. ScienceRise, 2021, no. 3, PP. 29–33.
- 6 The effects of humic substances on the transport of radionuclides: Recent improvements in the prediction of behaviour and the understanding of mechanisms / N. D. Bryan, L. G. Abrahamsen-Mills, N. Evans et al. Applied Geochemistry, 2012, no. 27 (2), PP. 378–389.
- 7 Rakesh, R. R., Singh D. N., Nair R. N. Soil–radionuclide interaction under varied experimental conditions. Environmental Geotechnics, 2015, no. 21 (1), PP. 15–20.

A. S. Cherdakova, S. V. Galchenko

CHANGES IN THE AGROCHEMICAL PROPERTIES OF GRAY FOREST SOIL CONTAMINATED WITH CESIUM-137 ISOTOPE INTRODUCING VARIOUS HUMIC PREPARATIONS

Ryazan State University named for S. Yesenin,
Ryazan, Russia,
a.cherdakova@365.rsu.edu.ru

Abstract. The article presents the results of studies on the effect of various humic preparations on the agrochemical properties of gray forest soil contaminated with the caesium-137 isotope. In the course of experimental studies, it was found that the introduction of humic preparations into contaminated gray forest soil improves its agrochemical properties and creates favorable conditions for its ecological improvement.

Keywords: humic preparations, soil contamination, radionuclides, gray forest soil, agrochemical properties of soil.