

# Применение активных углей для нейтрализации остатков гербицидов в почве

Application of active carbon for neutralization of herbicide residue in soil

Барышев М.Г., Каменер О.Е., Мухин В.М.,  
Старцев В.И., Абубикеров В.А.

Baryshev M.G., Kamener O.E., Mukhin V.M., Startsev V.I.,  
Abubikero V.A.

## Аннотация

Разработка технологии детоксикации почв от остатков пестицидов – важный аспект экологизации растениеводства. Цель работы – разработка агропрепаратов на основе активных углей для детоксикации почв сельхозугодий от остаточных количеств гербицидов. Показано, что активные угли в силу своих физико-химических свойств являются уникальными сорбционными материалами, которые позволяют решать большой круг вопросов обеспечения химической и биологической безопасности человека, окружающей среды и инфраструктуры. Приведена характеристика пористой структуры активных углей. Предложен метод углеадсорбционной детоксикации почв путем внесения активного угля в загрязненную гербицидами почву в дозах 100–200 кг/га с последующей заделкой на глубину 5–8 см и посевом семян овощных культур через 3–5 дней. На примере ряда овощных культур (огурец, свекла, редис, томат) показано, что применение активных углей в дозах 100 кг/га позволяет повысить урожайность на загрязненных остатками гербицидов с.-х. угодьях на 20–80% в зависимости от вида возделываемых культур. Другой важный результат применения углеадсорбционной детоксикации почв, загрязненных гербицидами, – исключение накопления гербицидов в продукции растениеводства, что позволяет получать урожай диетической кондиции и в полной мере обеспечить реализацию Федерального закона от 03.08.2018 №280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Приведены типы активных углей почвенного применения марки «Агросорб»; оценен ожидаемый эколого-экономический эффект от их применения.

**Ключевые слова:** экологические угрозы, активный уголь, пестициды, детоксикация почв, растениеводство.

**Для цитирования:** Применение активных углей для нейтрализации остатков гербицидов в почве / М.Г. Барышев, О.Е. Каменер, В.М. Мухин, В.И. Старцев, В.А. Абубикеров // Картофель и овощи. 2025. №1. С. 27–31. <https://doi.org/10.25630/PAV.2025.10.54.003>

## Abstract

The development of soil detoxification technology from pesticide residues is an important aspect of greening crop production. The aim of the work was to develop active carbons for detoxification of farmland soils from herbicide residues. It is shown that activated carbons, due to their physico-chemical properties, are unique and ideal sorption materials that allow solving a wide range of issues of ensuring chemical and biological safety of humans, the environment and infrastructure. The characteristic of the porous structure of activated carbons is given. A method of carbon adsorption detoxification of soils is proposed by introducing activated carbon into herbicide-contaminated soil in doses of 100–200 kg/ha, followed by sealing to a depth of 5–8 cm and sowing seeds of crops after 3–5 days. It is shown by the example of a number of vegetable crops (cucumber, beetroot, radish, tomato) that the use of activated carbons in doses of 100 kg/ha can increase yields on agricultural land contaminated with herbicide residues by 20–80%, depending on the type of cultivated crops. Another important result of the use of carbon adsorption detoxification of soils contaminated with herbicides is the exclusion of the accumulation of herbicides in crop production, which allows you to obtain a harvest of dietary condition and fully ensure the implementation of Federal Law No280-Federal Law dated 08/03/2018 «On Organic Products and on Amendments to certain Legislative Acts of the Russian Federation». The types of activated carbons of soil application of the Agrosorb brand are given; the expected ecological and economic effect of their use is estimated.

**Key words:** environmental threats, activated carbon, pesticides, soil detoxification, crop production.

**For citing:** Application of active carbon for neutralization of herbicide residue in soil. M.G. Baryshev, O.E. Kamener, V.M. Mukhin, V.I. Startsev, V.A. Abubikero. Potato and vegetables. 2025. No1. Pp. 27–31. <https://doi.org/10.25630/PAV.2025.10.54.003> (In Russ.).

**П**роизводство овощей расположено вблизи крупных агломераций, поэтому особое внимание должно быть уделено экологической безопасности аграрного комплекса, обеспечивающего население продовольствием. Проблемы глобального загрязнения окружающей среды поднимались еще раньше российским ученым, профессором МХТИ имени Д.И. Менделеева Н.В. Кельцевым,

предложившим магистральный путь разрешения ситуации. Он писал: «В настоящее время, когда вопрос жизни и смерти стоит уже не только перед армией, но и перед всем человечеством, обеспокоенным катастрофическим загрязнением биосферы, настало время вновь обратиться за помощью к адсорбции – одному из самых эффективных методов защиты окружающей среды от загрязнений» [1].

В силу своих физико-химических свойств углеродные адсорбенты (активные угли) являются уникальными и идеальными сорбционными материалами, которые позволяют решать большой круг вопросов обеспечения химической и биологической безопасности человека, окружающей среды и инфраструктуры [2–4]. В таблице 1 приведены параметры пористой структуры активных углей в соот-

ветствии с Номенклатурным каталогом под общей редакцией доктора технических наук В.М. Мухина (2003) [5].

При решении экологических задач агропромышленного комплекса (АПК) активные угли имеют такие преимущества, как избирательность сорбции органических токсикантов, универсальность сорбционных свойств, высокая поглощательная способность, гидрофобность, удобная препаративная форма (зерна, порошок) и низкая стоимость использования в качестве почвенных мелиорантов.

Несмотря на актуальность проблемы и широкое использование активных углей в различных сферах деятельности человека, до последнего времени углеродные адсорбенты для детоксикации почв не производили. Поэтому сначала были теоретически обоснованы требования к пористой структуре и препаративным формам активных углей данного назначения (агросорбентам), а также технологии их внесения в почву. В результате исследований было установлено, что агросорбенты должны иметь объем микропор не менее 0,2–0,3 см<sup>3</sup>/г при существенном развитии тонких пор (0,8–1,2 нм), позволяющих прочно удерживать как молекулы самих пестицидов, так и продукты их деградации, при этом транспортная пористость должна быть также хорошо развита для обеспечения хорошей кинетики поглощения этих веществ [6, 7].

По экспертной оценке, ожидаемый эколого-экономический эффект от детоксикации почв достигает 500 долларов США с га и только в Московской области может составить до 30 млн долларов США за год. При условии внедрения активных углей для этих целей в сельскохозяйственную практику в ближайшие годы потребность в них только Краснодарского края (ре-



Образец активного угля Агросорб

гиона интенсивного земледелия) оценивается 25–30 тыс. т/год [8].

Цель исследования – разработка элементов технологии углеадсорбционной детоксикации почв, которые позволят обеспечить восстановление плодородия почв и получение экологически безопасной продукции растениеводства и овощеводства, что будет способствовать повышению качества жизни населения Российской Федерации и в полной мере обеспечит реализацию Федерального закона от 03.08.2018 №280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

## Условия, материалы и методы исследований

Исследования проводили в лабораторных и полевых условиях в течение 2010–2022 годов на дерново-подзолистых почвах Подмоскovie, на полях ФГБНУ ВНИИФ, а также на черноземных почвах Краснодарского края, на полях ФГБНУ ВНИИБЗР. В качестве объектов исследований были взяты герби-

циды: Хлорсульфурон (ХСФ), Терабацил, Пиклорам, Симазин и Хлорсульфурол, Трефлан и 2,4Д.

Исследования проводили на овощных культурах, наиболее экономически значимых при возделывании в большинстве овощеводческих хозяйств России, относящихся к разным ботаническим семействам: огурец, томат, редис, в том числе и культуры, входящие в «борщевой набор» – свекла столовая, морковь столовая, лук репчатый, а также на распространенных пищевых и кормовых культурах – кукурузе, сое и ячмене, являющихся компонентами овощных севооборотов.

Активные угли (АУ) – это высокопористые вещества, получаемые в виде зерен или порошка на основе различного углеродсодержащего сырья, обладающие развитой внутренней поверхностью (до 2500 м<sup>2</sup>/г) и имеющие высокие поглощательные характеристики по примесям, находящимся в очищаемых средах (в воздухе, газах, воде и других жидкостях, почве). В качестве исходного сырья для получения таких АУ могут использоваться различные углеродсодержащие материалы, такие как: каменные угли, торф, древесина, скорлупа орехов и косточки плодов, различные отходы растениеводства и др. [9, 10]. Был разработан препарат активного угля Агросорб на основе каменного угля марки СС с использованием парогазового метода активации.

Таблица 1. Пористая структура активных углей

Тип пор	Объем пор, см <sup>3</sup> /г	Размер пор, нм	Суд, м <sup>2</sup> /г
Макропоры	0,2-0,6	радиус пор > 100-200	0,5-2,0
Мезопоры (переходные поры)	0,1-0,4	радиус пор 1,5-1,6 – 100-200	50-400
Микропоры: собственно микропоры	0,3-0,7	размер полуширины щели 0,6-0,7	1200-1500
Супермикропоры	0,1-0,3	размер полуширины щели 0,6-0,7 – 1,5-1,6	500-800

**Таблица 2. Эффективность восстановления плодородия почв, загрязненных остатками гербицидов активным углем Агросорб дозой 100 кг/га, 2018-2022 годы**

Гербицид	Остатки гербицида в почве, г/га	Тест-культура	Величина зеленой массы тест-культуры, % к загрязненному уровню
Хлорсульфурон (ХСФ)	0,2	огурец	16-20
		свекла	58-63
		редис	23-28
Тербацил	1,4	огурец	23-27
		свекла	64-69
		редис	30-39
Пиклорам	2	огурец	22-24
Симазин	50	томат	22-26
Хлорсульфурон (ХСФ)	0,4	томат	98-100
		свекла	98-99
		редис	98-100

Вегетационные опыты по детоксикации почвы проводили в соответствии с традиционной методикой, по которой дерново-подзолистую почву обрабатывали гербицидом в соответствующей дозе с помощью лабораторного опрыскивателя. Через сутки подготовленную почву распределяли в парафинированные одноразовые бумажные стаканы вместимостью 600 г почвы, вносили образцы АУ марки Агросорб в дозе от 1 до 10 г/сосуд и проводили посев тест-растений по 3 шт. на каждый сосуд. Повторность опыта пятикратная для каждой дозы изучаемых образцов АУ.

Выращивание тест-растений осуществляли в контролируемых условиях лаборатории искусственного климата (ЛИК) в камерах Фетч (ФРГ). Через 25 суток надземную массу тест-растений срезали и взвешивали. Об уровне антидотной эффективности опытных образцов активных углей судили по массе надземных органов тест-растений в сравнении с загрязненным гербицидом контролем. Остаточные количества пестицидов в овощной продукции и в почве определяли газохроматографическим способом в лабораторных условиях.

Полевые испытания способа углеадсорбционной детоксикации почв заключались во внесении в почву препаратов с использованием разбрасывателя удобрений двухдискового РУМ-2200 отечественного производства, предназначенного для поверхностного рассеивания гранулированных минеральных удобрений на пахотных полях с уклоном до 12°. Техника проводится в действие от вала отбора мощности через карданно-

телескопический вал (540 об/мин). Диаметр дисков 445 мм. Межосевое расстояние между дисками 1000 мм. С его помощью осуществляется внесение в почву активных углей с объемом микропор 0,2–0,3 см<sup>3</sup>/г дозами 50–100 кг/га (при сильной инфильтрации поллютантов в почве – до 400 кг/га) с последующей их заделкой на глубину 5–10 см с помощью борон зубовых тяжелых скоростных БЗТС-1,0 которые можно агрегатировать в сцепке с культиваторами или сеялками. Размер делянок в полевых опытах составлял 100 м<sup>2</sup> в пятикратной повторности. Контролем служили делянки без внесения активных углей на расчетном фоне остаточных количеств пестицидов, при дозах, используемых в региональных севооборотах.

### Результаты исследований

Как следует из результатов, приведенных в **таблице 2**, применение активного угля Агросорб позволяет сохранить урожай тест-культуры по отношению к загрязненному контролю на 20–80% вне зависимости от типа гербицида и его концентрации, а в ряде случаев и полностью сохранить урожай.

Другим важным результатом применения углеадсорбционной детоксикации почв, загрязненных гербицидами, является исключение накопления гербицидов в продукции растениеводства.

Результаты сопоставительных полевых исследований, выполненных на черноземных почвах Краснодарского края на ряде с.-х. культур при их возделывании на почвах, загрязненных гербицидами – Трефланом (1 кг/га) и 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиуксусной кислотой) (5–10 кг/га), по обычной технологии и с использованием углеродных адсорбентов указывают, что внесение Агросорба на загрязненные участки в количестве до 100 кг/га (в случае зерновой культуры ячменя – до 200 кг/га) позволяет резко снизить (а в ряде случаев и полностью исключить) накопление гербицидов в продуктах растениеводства и овощеводства (**табл. 3**).

Таким образом, использование активных углей для детоксикации почв путем фиксации находящихся в них остатков гербицидов имеет два важных аспекта: повышение урожайности на загрязненных почвах в среднем на 20–80% и обеспечение возможности получения экологически безопасного урожая. Оба эффекта обусловлены адсорбцией пестицидов из почвенных растворов активными углями, т.е. их фиксацией в пористой структуре активного угля и, как следствие, лишением способности к миграции с почвенными растворами и поступлению в корневую систему растений, что и выражается в сокращении или исключении отрицательного воздействия этих токсикантов на продукцию с.-х. культур.

Наряду с этим было установлено, что сорбированные на активных углях ксенобиотики также недоступны для разрушаю-

**Таблица 3. Содержание гербицидов в урожае некоторых с.-х. культур, 2010-2016 годы**

Гербицид	Доза гербицида, кг/га	Доза активного угля, кг/га	Тест-культура	Содержание гербицида в урожае, мкг/кг
Трефлан	1,0	-	томат	28
		100		0,6
		-	морковь	95
		100		не обнаружено
2,4-Д	5,0	-	ячмень	220
		200		не обнаружено
	10,0	-		670
		200		не обнаружено



Таблица 4. Активные угли для фиксации остатков пестицидов в почвах, 2021- 2022 годы

Марка АУ	Суммарный объем пор, см <sup>3</sup> /г	Зернение, мм	Сорбционная емкость по йоду, %	Технические условия
Агросорб 1 (А, Б)	0,25	< 0,7	80	20.59.54-518-04838763-2023
Агросорб 1Г	0,25	0,5-2,0	80	6-16-20-41-87
Агросорб М	0,26	< 0,1	80	6-16-20-39-87
Агросорб МГ	0,25	0,5-1,0	80	6-16-20-41-87
Агросорб С2	0,20	<0,1	60	6-16-20-40-87
Агросорб СГ	0,20	0,5-1,0	60	6-16-20-41-87
Агросорб Ц	0,20	< 0,1	50	6-16-28-1334-90
Агросорб СО	0,25	0,5-1,0	75	6-16-28-1409-91

щих их почвенных микроорганизмов и только после десорбции данного типа загрязняющих веществ в водную фазу они становятся объектами воздействия почвенной микробиоты. Однако процесс этот весьма энергетически затруднен (замедлен во времени), что обуславливает полное самоочищение почвы от остатков токсикантов в течение 3–4 лет. Вместе с тем, следует отметить, что сам по себе активный уголь не оказывает отрицательного действия на растения и активность почвенной биоты, а наоборот, выступает в качестве почвенного мелиоранта улучшая ее структуру и устраняя излишнюю кислотность.

Особо следует отметить тот факт, что даже при выращивании с. – х. культур (свекла, редис, огурец, томаты) на незагрязненных гербицидами почвах имело место благотворное влияние испытанных углеродных адсорбентов на тест-культуры за счет сорбции эндотоксикантов.

Полученные положительные результаты по углеадсорбционной детоксикации почв позволяют предложить следующую методологию реализации данной технологии в сельхозпредприятиях. Суть метода углеадсорбционной детоксикации почв состоит во внесении в почву с использованием серийной с. – х. техники (с помощью разбрасывателя удобрений Y50+ ECONOV SULKY с последующей заделкой культиватором КСО-7,9 на глубину 10 см или локально с помощью туковысевающих серийных сеялок ССТ-12Б (А), СУПН-8, СПЧ-6, СЗ-3,6) активных углей с объемом микропор 0,2–0,3 см<sup>3</sup>/г дозами 50–100 кг/га (в зависимости от пестицидной нагрузки, иногда до 400 кг/га) с последующей их заделкой на глубину 5–8 см и посевом сельхозкультур через 3–5 дней.

Выбор конкретных приемов внесения этих материалов в почву в рамках данного метода осуществляется с учетом токсикологических показателей почв и агроклиматических особенностей зоны посева. Основные из этих приемов:

поверхностное нанесение (распыление) полидисперсного активного угля или водной суспензии его порошка на загрязненный участок с последующей заделкой равномерно распределенных фрагментов адсорбента на глубину 5–8 см (посев семян на обработанный таким образом участок проводят через 3–5 дней);

внесение в посевную борозду полидисперсного активного угля или его водно-угольной суспензии одновременно с высевом семян и с последующей заделкой;

предпосевное локальное внесение полидисперсного активного угля или его водной суспензии в зону посевной борозды с заделкой угольного порошка на глубину 5–8 см и посевом семян в обработанные полосы через 3–5 суток.

Положительные результаты по углеадсорбционной детоксикации почв, полученные на основе внесения в загрязненную остатками гербицидов почву активного угля марки Агросорб, вызвали необходимость в разработке новых марок АУ почвенного применения.

В настоящее время освоено промышленное производство ряда активных углей сельскохозяйственного назначения, имеющих товарную марку «Агросорб» (табл. 4).

### Выводы

1. Применение технологии углеадсорбционной детоксикации почв позволяет обеспечить восстановление плодородия почв и получение экологи-

чески безопасной продукции растениеводства и овощеводства, что будет способствовать повышению качества жизни населения Российской Федерации и в полной мере обеспечит реализацию Федерального закона от 03.08.2018 №280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [11].

2. С использованием активных углей полное самоочищение почвы от остатков токсикантов происходит в течение 3–4 лет.

3. Использование активных углей для детоксикации почв путем фиксации находящихся в них остатков гербицидов имеет два важных аспекта: повышение урожайности на загрязненных почвах в среднем на 20–80% и обеспечение возможности получения с. – х. продукции высокого качества.

4. Важнейшим результатом применения углеадсорбционной детоксикации почв, загрязненных гербицидами, является исключение накопления гербицидов в продукции растениеводства, следовательно, исключается риск резистентности сорных растений и фитопатогенной микробиоты.

5. Технологии получения активных углей предусматривают использование растительных остатков, в первую очередь пропашных культур, таких как подсолнечник и кукуруза, что будет способствовать повышению эффективности их возделывания, а также безотходному производству сельскохозяйственной продукции.

Очевидная важность применения углеадсорбционных технологий для решения экологических проблем в сельском хозяйстве в XXI веке требует расширения производства активных углей с. – х. назначения на осно-

ве различного углесодержащего сырья от соломы до нетоварной части урожая продукции растениеводства, что будет способствовать развитию безотходных технологий возделывания с.-х. культур.

### Библиографический список

1. Мухин В.М. Роль и место активных углей в обеспечении экологической безопасности // Журнал Химическая промышленность сегодня. №6. 2021. С. 6–11.
2. Самонин В.В., Подвызников М.Л., Спиридонова Е.А. Сорбционные технологии защиты человека, техники и окружающей среды. Санкт-Петербург: Наука, 2021. 531 с.
3. Кинле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение / Под ред. Т.Г. Плаченова, С.Д. Колосенцева. Л.: Химия, 1984. 215 с.
4. Сорбенты и терморасширенного графита для очистки воды от катионов металлов и нефтепродуктов / А.В. Яковлев, С.Л. Забудков, Е.В. Яковлева, Э.В. Финаенова // Изв. высших учебных заведений. Сер.: Химия и химическая технология. 2015. Т. 58. №7. С. 19–23.
5. Сорбционно-каталитический метод детоксикации почв, загрязненных гербицидами / В.М. Мухин, А.П. Глинушкин, В.И. Старцев, В.А. Абубикеров / Актуальные физикохимические проблемы адсорбции и синтеза нанопористых материалов: Всероссийский симпозиум с международным участием, посвященный памяти чл.-корр. РАН В.А. Авраменко, 17–21 октября, 2022, Москва, Россия. Сборник трудов симпозиума. М.: ИФХЭ РАН, 2022. С. 13–14.
6. Активные угли, эластичные сорбенты, катализаторы, осушители и химические поглотители на их основе: номенклатурный каталог / Под общей ред. д. т. н. В.М. Мухина. М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. 208 с.
7. Активный уголь из стеблей подсолнечника и его применение для детоксикации почв, загрязненных гербицидом Зингер, СП. В.М. Мухин, А.П. Глинушкин, В.И. Старцев, В.А. Абубикеров. Актуальные физикохимические проблемы адсорбции и синтеза нанопористых материалов: Всероссийский симпозиум с международным участием, посвященный памяти чл.-корр. РАН В.А. Авраменко, 17–21 октября, 2022, Москва, Россия. Сборник трудов симпозиума. М.: ИФХЭ РАН, 2022. С. 17–19.
8. Мухин В.М., Спиридонов Ю.Я. Оздоровление почв, загрязненных пестицидами, с помощью углеадсорбционных технологий // Аграрная наука. 2019. (2). С. 156–159 (In Russ.).
9. Спиридонов Ю.Я., Мухин В.М. Предотвращение миграции гербицидов в почвах с помощью активных углей // Материалы всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию ИФХБПП РАН «Почва как компонент биосферы: эволюция, функционирование и экологические аспекты». Пушкино. 9–13 ноября 2020. С. 163–165.
10. Восстановление плодородия почв, загрязненных промышленными отходами и пестицидами: научная монография / Ю.Я. Спиридонов, В.М. Мухин, Г.К. Васильева, Н.Д. Чкаников, С.В. Старцев / под общей редакцией М.Г. Барышева. Большие Вяземы, ФГБНУ ВНИИФ, 2023. 234 с.
11. Федеральный закон от 03.08.2018 № 280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». 8 с. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_304017/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017/) Дата обращения: 13.12.2024.

### References

1. Mukhin V.M. The role and place of activated carbons in ensuring environmental safety. Chemical industry today Journal. No6. 2021. Pp. 6–11 (In Russ.).
2. Samonin V.V., Podvyaznikov M.L., Spiridonova E.A. Sorption technologies for the protection of humans, machinery and the environment. St. Petersburg. Nauka. 2021. 531 p. (In Russ.).
3. Kinle H., Bader E. Activated carbons and their industrial applications. Ed. by T.G. Plachenov, S.D. Kolosentsev. Leningrad. Chimiya. 1984. 215 p. (In Russ.).
4. Sorbents and thermally expanded graphite for water purification from metal cations and petroleum products. A.V. Yakovlev, S.L. Zabudkov, E.V. Yakovleva, E.V. Finaenova. News of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology. 2015. Vol. 58. No7. Pp. 19–23 (In Russ.).
5. Sorption-catalytic method of detoxification of soils contaminated with herbicides. V.M. Mukhin, A.P. Glinushkin, V.I. Startsev, V.A. Abubikero. Actual physico-chemical problems of adsorption and synthesis of nanoporous materials. All-Russian symposium with international participation dedicated to the memory of the corresponding member of RAS V.A. Avramenko. October 17–21, 2022, Moscow, Russia. Proceedings of the symposium. Moscow. IFHE RAS. 2022. Pp. 13–14 (In Russ.).
6. Activated carbons, elastic sorbents, catalysts, desiccants and chemical absorbers based on them: nomenclature catalog. Gen. ed. of V.M. Mukhin, DSci. (Techn.). Moscow. Ore and Metals Publishing House. 2003. 208 p. 9In Russ.).
7. Activated carbon from sunflower stalks and its use for detoxification of soils contaminated with the herbicide Singer, SP. V.M. Mukhin, A.P. Glinushkin, V.I. Startsev, V.A. Abubikero. Actual physico-chemical problems of adsorption and synthesis of nanoporous materials. All-Russian symposium with international participation dedicated to the memory of corr. memb. of RAS V.A. Avramenko, October 17–21, 2022, Moscow, Russia. Proceedings of the symposium. Moscow: IFHE RAS, 2022. Pp. 17–19 (In Russ.).
8. Mukhin V.M., Spiridonov Yu.Ya. Rehabilitation of soils polluted with pesticides using carbon adsorption technologies. Agricultural science. 2019. (2). Pp. 156–159 (In Russ.).
9. Spiridonov Yu.Ya., Mukhin B.M. Prevention of migration of herbicides in soils using activated carbons. Materials of the All-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 50th anniversary of the IFHiBPP RAS «Soil as a component of the biosphere: evolution, functioning and environmental aspects». Pushkino, November 9–13, 2020. Pp. 163–165 (In Russ.).
10. Restoration of soil fertility contaminated with industrial waste and pesticides: scientific monograph. Yu.Ya. Spiridonov, V.M. Mukhin, G.K. Vasilyeva, N.D. Chkanikov, S.V. Startsev. Under the general editorship of M.G. Baryshev. Bolshye Vyazemy. FGBNU VNIIF. 2023. 234 p. (In Russ.).
11. Federal Law No. 280-FZ dated 08/03/2018 «On Organic products and Amendments to certain legislative acts of the Russian Federation». 8 p. [Web resource]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_304017/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017/) Access date: 13.12.2024. (In Russ.).

### Об авторах

Барышев Михаил Геннадьевич, доктор биол. наук, директор ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии

Каменер Олег Евгеньевич, канд. техн. наук, генеральный директор АО «Электростальское научно-производственное объединение «Неорганика»

Мухин Виктор Михайлович (ответственный за переписку), доктор техн. наук, начальник лаборатории активных углей, эластичных сорбентов и катализаторов, АО «Электростальское научно-производственное объединение «Неорганика». E-mail: [victormukhin@yandex.ru](mailto:victormukhin@yandex.ru)

Старцев Виктор Иванович, доктор с.-х. наук, зам. директора ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии

Абубикеров Владимир Алексеевич, канд. техн. наук, зав. отделом гербологии ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии

### Author details

Baryshev M.G., DSci. (Agr.), director of All-Russian Research Institute of Phytopathology

Kamener O.E., Cand. Sci. (Techn.), director general of Elektrostal scientific and production association «Neorganica» Ltd

Mukhin V.M., author for correspondence, DSci. (Techn.), head of laboratory of activated carbons, elastic sorbents and catalysts, Elektrostal scientific and production association «Neorganica» Ltd

Startsev V.I., DSci. (Agr.), deputy director, All-Russian Research Institute of Phytopathology

Abubikero V.A., Cand. Sci. (Techn.), head of herbology department, All-Russian Research Institute of Phytopathology