



**МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА  
( МГУ )**

Ленинские горы, Москва,  
ГСП-1, 119991  
Телефон: (495) 939-10-00  
Факс: (495) 939-01-26

*29.05.2023 № 430-23/013-03*

На № \_\_\_\_\_

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Проректор**

**Московского государственного**

**университета имени М. В. Ломоносова**

**профессор А.А. Федянин**



*А.А. Федянин*

« \_\_\_\_\_ » 2023 г.

## **ОТЗЫВ**

### **ведущей организации**

на диссертационную работу на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1. «Радиобиология» Кундузбаевой Азии Еркебековны на тему «Исследование подвижности искусственных радионуклидов в почвах Семипалатинского испытательного полигона при различных условиях формирования радиоактивного загрязнения», представленную в диссертационный совет 24.1.013.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»

### **Актуальность исследования**

Диссертация Кундузбаевой Азии Еркебековны связана с решением важной проблемы радиозащиты, связанной с оценкой подвижности искусственных радионуклидов в почвах с широким спектром типов загрязнения при ядерных испытаниях. Результаты данных исследований являются основой для долгосрочного прогноза состояния почвенного покрова в случае различных сценариев развития радиологической ситуации и выбора методов рекультивации радиоактивно загрязненных территорий.

Территория Семипалатинского испытательного полигона (СИП), действовавшего в период 1949-1989 гг. и являющегося одним из крупнейших мировых полигонов, отличается высокой гетерогенностью радиоактивного

загрязнения почвенных объектов, что связано с особенностями процесса ядерных испытаний, влиянием специфики природных и временных факторов на радиоэкологические характеристики этих объектов. Следствием неоднородности радиоактивного загрязнения почвенного покрова являются различия в биологической доступности и геохимической подвижности искусственных радионуклидов в почвах полигона, важными показателями которых являются формы соединений нуклидов в почве. В настоящее время исследование физико-химических форм искусственных радионуклидов, представленных продуктами деления и трансурановыми элементами, в серии почвенных разностей СИП, характеризующихся специфическими особенностями загрязнения, имеет особую актуальность для оценки возможности вовлечения данной территории в хозяйственную деятельность и разработки системы научно-обоснованных мер по реабилитации радиоактивно загрязненных объектов.

Тема диссертации полностью соответствует паспорту научной специальности 1.5.1. «Радиобиология», охватывающей проблемы радиоэкологии (п. 13).

Цель и задачи исследования сформулированы четко и грамотно. Работа выполнена в рамках заданной темы. Методология исследования основана на применении общепринятых научных методов и современного оборудования.

### **Научная новизна**

Впервые для основных объектов территории Семипалатинского полигона, характеризующихся различной природой радиоактивного загрязнения, оценены показатели подвижности искусственных радионуклидов (ИРН) ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$ ) в почвенном покрове с использованием единой методологии исследования, основанной на последовательном извлечении серией экстрагентов форм их соединений, обладающих разной прочностью связи с почвенным поглощающим комплексом.

Впервые показана закономерность распределения форм соединений искусственных радионуклидов в почвах полигона в зависимости от происхождения радиоактивного загрязнения при ядерных испытаниях. Выявлены специфические черты физико-химических форм искусственных радионуклидов разной химической природы в почвенном покрове объектов полигона. В случае  $^{90}\text{Sr}$  установлено закономерное изменение форм соединений радионуклида по траектории следов выпадений при наземных и экскавационных ядерных испытаниях. Обоснована возможность использования на территории полигона особенностей форм соединений радиостронция как одного из маркеров для обнаружения локальных следов выпадений от наземных ядерных испытаний за пределами испытательных площадок. Показано отсутствие на территории СИП значимой связи между содержанием радионуклидов в различных формах соединений и количественными показателями физико-химическими свойств почв полигона. Установлена связь содержания обменной и кислоторастворимой форм

соединений  $^{90}\text{Sr}$  с накоплением нуклида зональными травянистыми растениями на территории полигона.

### **Теоретическое и практическое значение**

Для радиоэкологически значимых продуктов ядерного деления и трансурановых элементов в почвенных объектах Семипалатинского испытательного полигона установлены количественные значения форм их соединений, характеризующихся разной геохимической подвижностью и биологической доступностью. Показано, что основными факторами, определяющими подвижность радионуклидов в почвах, является характер радиоактивного загрязнения при ядерных испытаниях и физико-химические свойства изотопа. Влияние почвенных характеристик на подвижность радионуклидов не выявлено. Количественные показатели форм соединений радионуклидов в почвах полигона позволяют дать научное обоснование методов реабилитации радиоактивно загрязненных объектов и могут быть в дальнейшем использованы в прогностических моделях накопления наиболее подвижного изотопа  $^{90}\text{Sr}$  растительностью. На условно фоновых территориях полигона как один из показателей следов радиоактивных выпадений от наземных ядерных взрывов предложено использовать данные о формах нахождения  $^{90}\text{Sr}$  в почве.

### **Достоверность выводов и результатов исследований, полученных при выполнении диссертации, а также их значимость для развития радиоэкологии**

Исследования выполнялись на базе аккредитованных лабораторий. Достоверность результатов определяется применением современных методик и аппаратуры для определения содержания радионуклидов в образцах почвы и почвенных вытяжек различного состава, подтверждается достаточным объемом данных исследования, использованием адекватных инструментов статистической обработки данных.

Выводы и положения, выносимые на защиту, находят убедительное подтверждение материалами, представленными в диссертации, а их новизна не вызывает сомнений.

### **Оценка содержания диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов и списка литературы, включающего 224 источника, а также 7 приложений. Работа изложена на 178 страницах, содержит 27 рисунков и 25 таблиц.

Во введении представлены актуальность и степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов. Дано краткое описание использованной методологии и методов исследования, приведены статистические показатели для оценки достоверности результатов,

указано соответствие диссертации паспорту выбранной специальности. Во введении также изложены основные положения, выносимые на защиту, отражены апробация результатов и личный вклад автора в выполнении исследования

Глава I «Обзор литературы». Проведен анализ обширного литературного материала о факторах, контролирующих поведение искусственных радионуклидов (ИРН) в почвах. Как основные факторы выделены особенности химической природы радиоизотопов, определяющие их взаимодействие с почвой, показано влияние отдельных компонентов почвенного поглощающего комплекса и почвенного раствора на подвижность нуклидов, оценена роль временного фактора и типа радиоактивных выпадений в изменении радиоэкологического состояния почвенного покрова. Рассмотрены основные механизмы миграции радионуклидов в почве.

Рассмотрена классификация ИРН по типу поведения в почве, предложенная Н. В. Тимофеевым-Ресовским с соавторами. Дано описание практикуемых методов исследования форм соединений радионуклидов в оригинальном и модифицированной виде, а также результатов оценки подвижности нуклидов с их помощью. Приведены имеющие в настоящее время показатели подвижности ИРН в почвах на территории СИП.

Глава II «Природно-климатическая и радиоэкологическая характеристика территории Семипалатинского полигона». Настоящая глава содержит обзор информации о природно-климатических и почвенных условиях на территории СИП, а также особенностях радиоактивного загрязнения исследуемых почвенных объектов. Показана ограниченность имеющегося научного материала о подвижности ИРН в почвах СИП, что указывает на необходимость системного подхода к исследованию форм соединений радионуклидов в зависимости от специфики загрязнения территории при ядерных испытаниях.

Глава III «Материалы и методы исследования». В настоящей главе изложены причины выбора для исследования почвенных объектов на территории СИП, приведена методика отбора проб почвы и подготовки их к анализу. Дано описание методики определения физико-химических форм ИРН в почвах и методов определения ИРН в образцах почвы и почвенных вытяжек. Приведена краткая характеристика методов определения физико-химических свойств почв.

Глава IV «Формы нахождения искусственных радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  в почвах СИП» включает результаты исследования диссертантом форм соединений радионуклидов в почвенных объектах при разных типах поступления изотопов в почву при ядерных испытаниях.

В разделе 4.1 рассмотрены физико-химические формы ИРН в почвах, подвергшихся радиоактивному загрязнению при наземных взрывах разной мощности (эпицентральные и межэпицентральные зоны на площадке «Опытное поле» и зоны ближних следов выпадений от мощных наземных взрывов за пределами площадки). Сделан вывод о низкой подвижности ИРН, что связано с условиями формирования радиоактивных частиц при наземных взрывах. Основная часть радионуклидов в почве обнаружена в прочносвязанной форме (медианные значения лежат в пределах 90,0-99,9%), при этом наиболее подвижен Sr-90. Вместе с тем, выявлены значительные вариации форм нахождения ИРН между эпицентрами, а также в пределах каждого эпицентра, что связано с гетерогенностью загрязнения почвенных разностей при разных условиях проведения испытаний

В разделе 4.2 показано, что распределение ИРН по формам в почвах на территории объекта «Атомное озеро», образованного в результате экскавационного взрыва, в целом близко к распределению на территориях, загрязненных при наземных взрывах, и характеризуется преобладанием прочносвязанных форм. Низкое содержание подвижных форм радионуклидов в почвах объекта «Атомное озеро» связано с исходным физико-химическим состоянием радионуклидов в выпадениях. Важным результатом исследований является вывод об общем характере распределения форм нахождения  $^{90}\text{Sr}$  в почвах вдоль следа выпадений на двух объектах – зона загрязнения при наземном термоядерном взрыве и зона загрязнения при экскавационном взрыве. С ростом расстояния от эпицентра испытания в обоих случаях наблюдается повышение доли обменной и кислоторастворимой форм радиостронция в почве, что объясняется автором процессами фракционирования радионуклидов и механизмами образования радиоактивных частиц при атмосферных взрывах.

В разделе 4.3. приведены данные о формах соединений радионуклидов в почве на условно фоновых территориях СИП, загрязненных глобальными выпадениями. Показано, что на этих участках наблюдается значительное варьирование в распределении ИРН по формам соединений в почвах. При этом  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  находятся преимущественно в труднорастворимой форме. В то же время для  $^{90}\text{Sr}$  подвижность в почве значительно выше по сравнению с почвами, загрязненными в результате ядерных взрывов, за счет высокой суммарной доли в составе водорастворимой и обменной форм (значение медианы 18,2-78,8%), а также кислоторастворимой формы (7,6-30,5%). Сделан вывод о том, что эти различия позволяют использовать формы нахождения  $^{90}\text{Sr}$  на условно фоновых территориях СИП в качестве маркера следов радиоактивных выпадений от наземных ядерных испытаний.

В разделе 4.4. приведены результаты исследования форм соединений радионуклидов в луговых почвах, загрязненных радиоактивными водотоками, на площадке «Дегелен». По сравнению с почвами территорий, загрязненных при ядерных взрывах, и условно фоновых территорий СИП данный объект характеризуется относительно большей подвижностью ИРН. Выявлено

увеличение содержания обменной и кислоторастворимой форм для  $^{90}\text{Sr}$  (значения медианы до 55,4 и 38,2% соответственно) и  $^{137}\text{Cs}$  (значения медианы до 2,2 и 1,2% соответственно), а также кислоторастворимой формы  $^{241}\text{Am}$  (до 39,6%), что обусловлено почвенно-климатическими условиями, а также исходными привнесенными в почву формами радионуклидов.

В разделе 4.5 показано, что распределение радионуклидов по формам соединений в почвах, загрязненных при испытании боевых радиоактивных веществ (БРВ), наиболее близко к распределению в почвах площадки «Дегелен», однако характеризуется наиболее высоким содержанием подвижных форм ИРН среди всех рассмотренных почвенных объектов СИП. Это связано с особенностями привнесенных исходных форм радиоизотопов в составе БРВ. Сделан вывод о высокой радиационной опасности на площадке испытания БРВ, обусловленной не только высокой удельной активностью, но и высоким содержанием биологически доступных и геохимически подвижных форм  $^{90}\text{Sr}$  в почве.

В разделе 4.6 представлены данные о степени влияния почвенных характеристик на распределение радионуклидов по формам нахождения в почвах СИП, полученные с помощью корреляционного анализа. Установлено, что на территории СИП физико-химические свойства почв не оказывают значимого влияния на варьирование форм соединений ИРН в почвах

В разделе 4.7 оценено влияние форм нахождения ИРН в почвах на накопление их зональными растениями. В зоне следа выпадений от экскавационного взрыва (объект «Атомное озеро») ранговый корреляционный анализ выявил достоверные связи между накоплением  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  полынью (*Artemisia gracileccens*) и содержанием в почве обменной формы  $^{90}\text{Sr}$  (0,90) и органической формы  $^{239+240}\text{Pu}$  (0,96) ( $p=0,05$ ). Для всех объектов СИП, установлены достоверные высокие коэффициенты корреляции Спирмена между содержанием в почве обменной и кислоторастворимой формы  $^{90}\text{Sr}$  и накоплением его зональными травянистыми растениями (степное разнотравье) (0,90; 0,89).

Глава V «Сравнительный анализ и практическое применение результатов исследования» включает нескольких разделов.

В разделе 5.1 дан сравнительный анализ форм нахождения ИРН  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  в почвах различных объектов СИП и приведены специфические черты форм каждого из изученных радионуклидов. Сравнительный анализ объектов СИП по характеру распределения форм нахождения радионуклидов в почвах показал, что наименьшей подвижностью радионуклидов характеризуются объекты, подвергшиеся радиоактивным выпадениям от наземных и экскавационного испытаний. На объектах, подвергшихся загрязнению в результате глобальных выпадений или поступления радиоактивных водотоков, подвижность ИРН заметно увеличивается. Наибольшую опасность представляет загрязнение почв на

территории испытания БРВ в связи с высоким содержанием биологически доступных и геохимически подвижных форм радионуклидов, особенно  $^{90}\text{Sr}$ .

Раздел 5.2 содержит рекомендации по методам рекультивации радиоактивно-загрязненных объектов СИП с учетом данных о подвижности ИРН в почвах. Для объектов, загрязненных выпадениями при наземных и экскавационных ядерных испытаниях, с низкой подвижностью радионуклидов в почвах рекомендованы преимущественно *in-situ* механические способы изоляции, включающие заглибление радиоактивно загрязненного слоя; ограждение радиоактивно-загрязненных участков.

Для объектов, загрязненных радиоактивными водотоками и БРВ и характеризующихся возможностью локального проникновения радионуклидов на значительную глубину из-за их высокой подвижности в почве, предложены такие методы рекультивации, как извлечение и экстракция/промывка грунта экстрагирующими растворами с дальнейшим размещением очищенного грунта на свалки или возвращением в первоначальное место, а также иммобилизация радионуклидов за счет перевода в малоподвижные соединения с использованием сорбентов.

В разделе 5.3. показана возможность использования форм соединений изотопа  $^{90}\text{Sr}$  в почве как показателя его подвижности для выявления следов выпадений от наземных испытаний ядерного оружия. Предложенный метод базируется на установленных различиях в формах соединений радионуклидов в почвах, загрязненных при наземных испытаниях ядерного оружия, и на фоновых территориях.

В заключении подведены краткие итоги диссертационного исследования с указанием основных выявленных закономерностей в распределении различных по подвижности форм ИРН на территории СИП и дальнейших перспектив научной работы.

Выводы обоснованы и достаточно полно отражают основные результаты диссертационной работы.

### **Апробация работы**

Результаты исследования отражены в 37 печатных работах, в том числе в трех статьях в рецензируемых научных изданиях, индексируемых международными базами данных (Web of Science/Scopus):

1. Кундузбаева А.Е., Кабдыракова, А.М., Ларионова Н.В., Лукашенко, С.Н. Формы нахождения искусственных радионуклидов в почвах объекта «Атомное озеро» Семипалатинского испытательного полигона / Радиационная биология. Радиоэкология, 2017, № 4., с. 399-413. DOI: 10.7868/S0869803117040063.

2. Lukashenko, S., Kabdyrakova, A., Lind, O.C., Gorlachev, I., Kunduzbayeva, A., Kvochkina, T., Janssens, K., Nolf, W. De., Yakovenko, Yu., Salbu, B. Radioactive particles released from different sources in the Semipalatinsk

test site / Journal of Environmental Radioactivity, 2020, Vol. 216, P. 106-160. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2020.106160.

3. Kunduzbayeva, A.Ye., Lukashenko, S.N., Kabdyrakova, A.M., Larionova, N.V., Magasheva, R.Yu., Bakirova, G.A. Speciation of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{241}\text{Am}$ , and  $^{239+240}\text{Pu}$  artificial radionuclides in soils at the Semipalatinsk test site / Journal of Environmental Radioactivity, 2022, Vol. 249(1–2): 106867. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2022.106867.

Указанные статьи соответствуют содержанию диссертации.

Содержание автореферата соответствует тексту диссертации.

### **Замечания к работе**

1) В литературном обзоре диссертации на стр. 36 приведен метод фракционирования соединений радионуклидов в почве по Павлоцкой Ф.И., включающий 4 формы (фракции). Однако не все названия форм соединений радионуклидов в почвах соответствуют оригинальным названиям форм данного автора. Наиболее странно, что прочносвязанной (необменная, остаточная) называется форма, которая выделяется из почвы обработкой раствором 6М HCl при кипячении. Это предполагает, что все компоненты почвы, включая алюмосиликаты и связанные с ними радионуклиды, можно растворить в 6 М HCl при кипячении. При этом автор дает ссылку на единственную раннюю работу самой Павлоцкой Ф.И. (ссылка 124 – Павлоцкая, 1973) и две ссылки на работы других авторов (ссылка 185 – Guillen et al., 2014 и ссылка 146- Сарасеко и Дегтярева, 2012), которые могут трактовать чужой метод на свое усмотрение. Вместе с тем, согласно классическим работам непосредственно Павлоцкой Ф.И. и соавторов (Павлоцкая, 1997; Павлоцкая, Горяченкова, Мясоедов, 1997; Павлоцкая, Горяченкова, Казинская и др., 2003), ее коллег (Горяченкова, Казинская, Кларк и др., 2005; Горяченкова, Казинская, Лавринович и др., 2013; Попова, Горяченкова, Борисов и др., 2021) и последователей (Манахов Д.В., Емельянов А. М., Карпухин М. М. и др., 2019; Агапкина, Манахов, Щеглов и др., 2023) методика предусматривает выделение 5 форм соединений радионуклидов: водорастворимая ( $\text{H}_2\text{O}$ ), обменная и легкорастворимая (1 М  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , pH 4,8), подвижная (1 М HCl), кислоторастворимая (6 М HCl), остаток после извлечения предыдущих фракций (прочносвязанная с ППК).

В то же время в литературном обзоре диссертации излишне подробно обсуждаются многочисленные методики выделения физико-химических форм разных авторов и их модификации, которые диссертант не использует в своей работе и не опирается на их выводы.

2) Для оценки связи радионуклидов с почвенным органическим веществом диссертантом используется модифицированный вариант метода Павлоцкой Ф.И. с использованием в качестве дополнительного экстрагента 0,1 М раствор NaOH. Однако следует уточнить, что согласно методу Тюрина И.В.,



на который ссылается диссертант, данный экстрагент выделяет только свободные гумусовые кислоты и связанные с подвижными полуторными окислами. Метод подробно изложен непосредственно в работах как самого автора, так других сотрудников МГУ им. М.В.Ломоносова (Орлов, 1985, с.270; Орлов, Садовникова, Суханова, 2005, с.375). Следовательно применение в качестве экстрагента 0,1 М раствор NaOH позволяет выделить не все радионуклиды, связанные с органическим веществом почв, а только с его подвижными соединениями. Остальные формы органического вещества, согласно методу Тюрина И.В., представлены гумусовыми кислотами, связанными с устойчивыми полуторными окислами и глинистыми минералами, и выделяются более сильными экстрагентами (например, 0,02 М раствором NaOH при нагревании). При этом фракционирование соединений радионуклидов, связанных с почвенным органическим веществом, по методу Тюрина И.В. показывает, что большая часть ИРН находится именно в данной вытяжке и ассоциирована с органическим веществом, связанным с устойчивыми минеральными компонентами (Вирченко и Агапкина, 1993; Горяченкова, Казинская, Лавринович и др., 2013). Таким образом, называть формы, выделяемые 0,1 М раствором NaOH, как связанные с органическим веществом не совсем корректно без уточнения, что они представлены подвижными органическими соединениями. В диссертации на стр. 76 (таблица 3, раздел 3.2.2) есть пояснения, что эти органические соединения связаны с минеральными компонентами, однако без указания с какими именно.

3) В диссертации на стр. 102-103 в таблицах 13 и 14 при обсуждении форм соединений  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  в почвах площадки «Дегелен» приведена форма соединений радионуклидов, выделяемая 6 М HCl и названная фиксированной формой. Однако данная форма не указана при обсуждении метода выделения форм соединений радионуклидов в диссертации, нет условий ее выделения (раздел 3.2.2, таблица 3). В методе Павлоцкой Ф.И. данная форма называется кислоторастворимой (Павлоцкая, 1997; Павлоцкая, Горяченкова, Мясоедов, 1997; Павлоцкая, Горяченкова, Казинская и др., 2003). Почему она названа диссертантом фиксированной формой, какой группой соединений она может быть представлена?

4) В диссертации на стр. 76 в таблице 3 приведены возможные конкретные группы соединений в вытяжках из почв, однако ссылки на литературные источники отсутствуют.

5) В тексте диссертации и автореферата в некоторых случаях отсутствует единообразие при цитировании литературы. В автореферате на стр. 20-21 в списке работ, опубликованных по теме диссертации, в одних случаях название журнала приведено как *J. Environ. Radioact.*, а в других случаях как *Journal of Environmental Radioactivity*. В диссертации в списке литературы (ссылки 176, 182, 192, 200, 202, 208, 209, 210, 214) также приводятся разные варианты сокращения названия данного журнала, а также журнала *Radiochimica Acta* (ссылки 180 и 186); в ссылке 208 отсутствует номер (или том) журнала.

Указанные замечания не снижают научную и практическую значимость работы, не затрагивают ее выводов и положений, выносимых на защиту, и не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертация Кундузбаевой Асии Еркебековны на тему «Исследование подвижности искусственных радионуклидов в почвах Семипалатинского испытательного полигона при различных условиях формирования радиоактивного загрязнения» является законченным исследованием, результаты которого вносят вклад в решение одной из важных проблем радиэкологии, связанной с оценкой подвижности искусственных радионуклидов в почве как первом звене их миграции по трофической цепи, играющем основную роль в защите других компонентов экосистемы от радиоактивного загрязнения.

В диссертации впервые для почвенных объектов Семипалатинского испытательного полигона с разным происхождением радиоактивного загрязнения на основе единого методического подхода установлены закономерности распределения форм нахождения основных экологически значимых радионуклидов. Проведено ранжирование почв территории СИП по подвижности в них ИРН для оценки опасности радиэкологической ситуации при различных условиях загрязнения. Показано, что на территории СИП как маркер локальных следов выпадений от наземных ядерных испытаний за границами площадки «Опытное поле» можно использовать показатели подвижности  $^{90}\text{Sr}$ . Выявлена связь содержания обменной и кислоторастворимой форм  $^{90}\text{Sr}$  с его накоплением зональными травянистыми растениями, произрастающими на территории СИП. Данные о формах соединений искусственных радионуклидов в почвах СИП могут быть использованы при разработке ремедиационных мероприятий на территории полигона и других объектов с аналогичными условиями загрязнения, а также в прогностических моделях миграции радиоизотопов в почве и их накопления растениями.

Цель диссертационной работы поставлена с учетом актуальности темы, которая обоснована соискателем. Задачи четко сформулированы и соответствуют цели исследования. Материал диссертации правильно структурирован, изложен современным научным языком.

Таким образом, учитывая актуальность исследуемой проблемы, большой объем экспериментальных исследований, имеющих научную и практическую ценность, следует заключить, что диссертационная работа Кундузбаевой Асии Еркебековны является законченной научно-квалификационной работой, которая, несомненно, отвечает критериям 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а автор –

**Кундузбаева Асия Еркебековна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1. «Радиобиология».

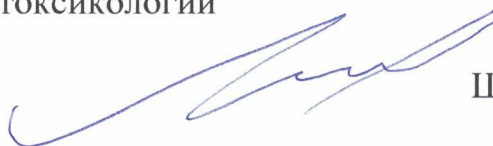
Отзыв составил  
ст. науч. сотр. кафедры радиэкологии  
и экотоксикологии факультета Почвоведения,  
канд.хим. наук,  
galina\_agarkina@mail.ru



Агапкина Г.И.

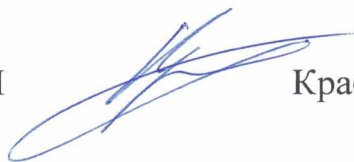
Результаты диссертации обсуждены и одобрены на заседании кафедры радиэкологии и экотоксикологии факультета Почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, протокол № 14 от 12 мая 2023 года.

Зав. кафедрой радиэкологии и экотоксикологии  
факультета Почвоведения,  
д-р биол. наук, профессор



Щеглов А.И.

И.о. декана факультета Почвоведения  
МГУ им. М.В. Ломоносова  
д-р биол. наук, член-корреспондент РАН



Красильников П.В.