

## ОТЗЫВ

### официального оппонента

на диссертацию Поповой Марины Борисовны

на тему «Особенности поведения  $^{137}\text{Cs}$  в почвенно-растительном покрове северо-таёжных экосистем (на примере зоны влияния Кольской атомной электростанции)»,

представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 – Экология (биологические науки)

Диссертационная работа выполнена соискателем на кафедре радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова".

**Цель** диссертационного исследования: изучение особенностей поведения  $^{137}\text{Cs}$  в почвенно-растительном покрове северотаежных экосистем на примере района расположения КоАЭС.

Для достижения целевой установки темы диссертантом были поставлены, а затем и решены следующие **задачи**:

1. Определить уровни накопления  $^{137}\text{Cs}$  в почвах и доминантных видах растений, расположенных на разном удалении от АЭС (в санитарно-защитной зоне, в зоне наблюдения КоАЭС и на фоновой территории).

2. Рассчитать запасы  $^{137}\text{Cs}$  в корнеобитаемой 0–30 см толще иллювиально-железистых подзолов в северотаежных экосистемах на заложенных контрольных участках.

3. Изучить формы соединений  $^{137}\text{Cs}$  и ряда других техногенных радионуклидов в исследуемых подзолах путём проведения модельного эксперимента.

4. Установить закономерности влияния основных физико-химических свойств почв на накопление  $^{137}\text{Cs}$  в почвенном профиле и в органах растений доминантных видов.

5. Оценить степень влияния КоАЭС на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в почвенно-растительный покров прилегающих территорий.

**Соответствие диссертационной работе специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите.** В соответствии с формулой специальности: "Экология – наука, которая исследует структуру и функционирование живых систем (популяции, сообщества, экосистемы) в пространстве и времени в естественных и измененных человеком условиях. Предмет экологии: совокупность живых организмов (включая человека), образующих на видовом уровне популяции, на межпопуляционном уровне – сообщество (биоценоз), и в единстве со средой обитания – экосистему (биогеоценоз)."

Область исследований: Системная экология – изучение взаимодействия сообществ с абиотической средой обитания и закономерности превращений вещества и энергии в процессах биотического круговорота. В задачи системной экологии входят также: типизация экосистем и оценка биологической продуктивности основных трофических уровней в экосистемах разных типов.

Диссертационная работа Поповой М.Б. содержит научно обоснованные экспериментальные результаты по:

закономерностям распределения  $^{137}\text{Cs}$  в вертикальном профиле иллювиально-железистых подзолов Кольского полуострова;

физико-химическим формам техногенных радионуклидов в иллювиально-железистых подзолах;

параметрам накопления  $^{137}\text{Cs}$  древесными породами и растениями травянисто-кустарничкового яруса хвойных биогеоценозов Кольского полуострова;

влиянию различных почвенных свойств на накопление  $^{137}\text{Cs}$  растениями хвойных биогеоценозов.

В связи с тем, что диссертационная работа Поповой М.Б. направлена на изучение закономерностей распределения в лесных биогеоценозах радиоактивного изотопа  $^{137}\text{Cs}$  и его накопление элементами леса, то она соответствует специальности 1.5.15 – экология отрасли "Биологические науки" в области исследований системной экологии.

**Актуальность диссертационного исследования** определяется продолжающимся поступлением в окружающую среду широкого спектра радионуклидов при штатных радиоактивных выбросах предприятий ядерного топливного цикла. В этих условиях важное научное и практическое значение имеет установление параметров миграции радионуклидов из состава штатных выбросов в природно-растительных сообществах для определения ключевых звеньев в цепочках миграции и их возможного влияние на функционирование биогеоценозов. В аспекте данной проблемы Северо-таёжные экосистемы Заполярья в силу их природно-климатических условий крайне неустойчивы, чувствительны к техногенным нагрузкам и имеют все предпосылки к повышенной миграции долгоживущих радионуклидов в почвах и системе «почва-растение-животные-человек». Это может привести к накоплению радионуклидов в звеньях-аккумуляторах и создать фактор дополнительного радиационного воздействия на биоту и человека. Вместе с тем в научной литературе мало данных о содержании долгоживущего  $^{137}\text{Cs}$  в почвах и растениях района расположения Кольской атомной электростанции (КоАЭС), что не позволяет в должной мере оценить радиационное воздействие этого радионуклида на окружающую среду в специфических природно-климатических условиях.

Предложенные диссертантом аргументы, определяющие актуальность проведения научно-исследовательской диссертационной работы, представляются вполне убедительными.

**Степень новизны результатов, полученных в диссертационном исследовании.** Научная новизна работы определяется элементами нового знания, вытекающими из полученных результатов.

Впервые установлены особенности распределения  $^{137}\text{Cs}$  в почвенном профиле иллювиально-железистых подзолов, факторы, обуславливающие его распределение в почвах и накопление в различных органах растений доминантных видов северо-таежных-хвойных биогеоценозов района расположения КоАЭС.

**Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы.** В диссертационном исследовании, проведенном М.Б. Поповой, применялись апробированные методики, что укрепляет обоснованность, достоверность и воспроизводимость результатов. Диссертантом разработаны оригинальные схемы модельных экспериментов направленные на изучение распределения физико-химических форм нахождения радионуклидов в иллювиально-железистых подзолах. Натурные исследования распределения  $^{137}\text{Cs}$  в хвойных биогеоценозах выполнены путем закладки пробных площадей на основе общепринятых лесной биогеоценологии методиках. Обоснованность полученных данных базируется на отборе достаточного количества проб почвы и растений, использованием современного гамма-спектрометрического оборудования, позволяющего получать количественные характеристики активности  $^{137}\text{Cs}$  в измеряемых образцах при низких уровнях его содержания в окружающей среде. Количественные показатели, характеризующие содержание  $^{137}\text{Cs}$  в элементах фитомассы древесных растений и в почве, обработаны методами описательной статистики.

**Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертационного исследования с указанием рекомендаций по их использованию.** Диссертантом М.Б. Поповой получены новые знания по влиянию распределению  $^{137}\text{Cs}$  в вертикальном профиле почвы и по физико-химическим формам нахождения в почве для иллювиально-железистых подзолов, параметры накопления  $^{137}\text{Cs}$  растениями хвойных биогеоценозов, влияние свойств почвы на переход радионуклида в системе «почва-растение». Научная значимость полученных результатов определяется получением новых знаний по распределению  $^{137}\text{Cs}$  в хвойных биогеоценозах Кольского полуострова, что существенно расширяет существующие знания по распределению вещества и энергии в этом классе природно-растительных сообществ. Практическая значимость диссертационного исследования определяется возможностью разработки на основе установленных диссертантом закономерностей усовершенствованных прогностических моделей распределения радионуклидов в лесных экосистемах.

**Опубликованность результатов диссертационного исследования в научной печати.** Результаты исследований представлены в 5 опубликованных научных работах, в том числе в 3 статьях в рецензируемых научных журналах, входящих в международные базы WoS и Scopus, а также РИНЦ, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.5.15 - экология.

**Соответствие оформления диссертационной работы требованиям.** Диссертация оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к кандидатским диссертациям согласно приложениям № 5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. Текст диссертационной работы соответствует табличному и графическому материалу, последний достаточно отражает суть представленных данных, соответствует специальности и отрасли науки, по которой представлена к защите.

Диссертационная работа Поповой М.Б. представляет собой хорошо структурированное, методологически грамотное и научно обоснованное исследование, изложенное на 139 страницах текста. Она состоит из шести глав, включает введение, обзор литературы, характеристику объектов и методов, результаты исследования и их обсуждение, заключение, выводы, список литературы и приложения. Общий объем тома — 190 страниц. Текст содержит 18 рисунков и 31 таблицу. В списке литературы приведено 156 источников.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы и однозначно свидетельствует, что представленная диссертантом работа представляет собой законченное научное исследование.

В **первой главе** диссертационной работы представлен обзор литературы. В разделе 1.1. рассмотрены особенности поведения  $^{137}\text{Cs}$  в почве и факторы, которые на него влияют. В разделе 1.2. изложены данные о накоплении  $^{137}\text{Cs}$  в растениях различных видов древесного яруса хвойных биогеоценозов, путях поступления этого радионуклида в растения и показателях его аккумуляции. В разделе 1.3. дан критический обзор накопленных в литературе данных о накоплении  $^{137}\text{Cs}$  в растениях различных видов кустарничкового яруса северной тайги. В разделе 1.4. приведен анализ сложившихся представлений о накоплении  $^{137}\text{Cs}$  в мохово-лишайниковом ярусе северной тайги и о лишайниках как важнейших объектах биоиндикации в долгосрочном радиоэкологическом мониторинге. В разделе 1.5. приводится детальная характеристика рельефа, климата и почвенно-растительного покрова в районе расположения КоАЭС. В разделе 1.6. рассмотрены существующие представления о радиационном влиянии КоАЭС на окружающую среду в районе ее расположения.

Во **второй главе** освещены объекты и методы исследования: представлена схема расположения пробных площадок и приведены их координаты, описан отбор почвенных и растительных проб, даны названия почв и растительных сообществ, указаны методики, использовавшиеся при проведении исследований и описан

лабораторный эксперимент по внесению техногенных радионуклидов в почвы и их последующей экстракции.

В главах 3–6 диссертационной работы приводятся результаты исследований и их обсуждение.

В **третьей главе** приводятся характеристики почвенного покрова в районе расположения Кольской атомной электростанции. Раздел 3.1. содержит результаты анализа их кислотных свойств. Раздел 3.2. посвящен содержанию органического вещества в лесной подстилке и минеральной части исследуемых почв. Раздел 3.1. содержит результаты анализа почвы на гранулометрический состав. Раздел 3.4. посвящен содержанию в исследуемых почвах подвижного калия, раздел 3.5. – обменных кальция и магния.

В **четвертой главе** содержатся результаты детального исследования содержания и профильного распределения  $^{137}\text{Cs}$  в почвах в районе расположения Кольской атомной электростанции. Раздел 4.1. посвящен  $^{137}\text{Cs}$  в почвах основной сети из 12 мониторинговых площадок. Раздел 4.2. содержит данные дополнительного исследования площадок северо-западного румба. Показано, что исследуемые почвы характеризуются достаточно высокой подвижностью  $^{137}\text{Cs}$  в профиле: до трети его запаса сосредоточено не в органогенной толще, а в более глубоких горизонтах почвы и почвообразующей породе. Корреляционный анализ позволил обнаружить значимые взаимосвязи между способностью почв удерживать  $^{137}\text{Cs}$  и такими почвенными свойствами, как содержание физической глины, запасы подстилки и органического вещества. Влияние КоАЭС на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в почву выявлено не было.

В **пятой главе** описываются результаты модельного эксперимента по изучению форм соединений четырех техногенных радионуклидов в подзолах —  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{237}\text{Np}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ . Они свидетельствуют о том, что в иллювиально-железистых подзолах складываются условия, способствующие высокой подвижности радионуклидов.

**Шестая глава** посвящена накоплению  $^{137}\text{Cs}$  в растительном покрове в районе расположения Кольской атомной электростанции. Исследование охватило доминантные виды всех основных вертикальных ярусов биогеоценозов северной тайги – древесный (раздел 6.1.), кустарничковый (раздел 6.2) и мохово-лишайниковый (раздел 6.3.). Автору удалось выявить виды-биоиндикаторы и найти взаимосвязи между показателями аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  в них и содержанием в почвах органического вещества, подвижного калия и обменных кальция и магния.

В целом можно заключить, что выводы и заключение, сделанные по итогам диссертационного исследования автором работы Поповой М.Б. соответствуют полученным результатам экспериментов.

**Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует.** На основе анализа диссертационного исследования и основных опубликованных научных работ установлено, что диссертация написана

лично автором Поповой М.Б. Диссертант принимала участие на всех этапах планирования и проведения экспериментов, получения, систематизации, обработки данных, написания диссертации и научных работ.

Проведенные диссертантом исследования, применяемые методы, интерпретация и публикация полученных результатов свидетельствуют о том, что научная квалификация автора соответствует квалификации кандидата биологических наук.

**Замечания и пожелания по диссертационной работе Поповой М.Б.** сводятся к следующему:

1. Не вполне удачна, на наш взгляд, формулировка названия диссертационной работы. В нем заявлены «северо-таежные экосистемы», но по факту исследование проводилось в основном в сосновых биогеоценозах. Другие экосистемы, в частности болотные и луговые, не были охвачены. Также в названии стоило отразить, какое именно влияние атомной станции на окружающую среду имелось в виду.
2. В работе говорится о вертикальной миграции  $^{137}\text{Cs}$  в почве, тогда как по сути исследовалось только его профильное распределение.
3. Результаты модельных экспериментов не могут в полной мере отражать данные натурных исследований физико-химических форм нахождения радионуклидов.
4. Корректность сравнения накопления радионуклидов растениями, даже одинаковыми видами, в различных природно-климатических зонах и на различных почвах, вызывает сомнения.
5. Не имеет смысла рассчитывать коэффициенты накопления, если есть возможность использовать более достоверный показатель – коэффициенты перехода.

Приведенные замечания не умаляют значимости и содержательности диссертационного исследования. Оценивая работу в целом, следует отметить, что совокупность полученных диссертантом результатов можно квалифицировать как новые знания по распределению  $^{137}\text{Cs}$  в хвойных биогеоценозах Кольского полуострова.

### **Заключение**

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.5.15 – Экология (биологические науки), а также критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационная работа оформлена в соответствии с Приложениями № 5,6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета

имени М.В. Ломоносова. Таким образом, диссертант Попова Марина Борисовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15 – Экология (биологические науки).

**Официальный оппонент**

Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории математического моделирования и программно-информационного обеспечения Федерального государственного бюджетного научного учреждения "Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии"

Переволоцкий Александр Николаевич 

11 мая 2023г.

Контактные данные:

тел.:  e-mail: forest\_rad@mail.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация:

03.01.01 – «Радиобиология»

Адрес места работы: 249032, РФ, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, д.1, к.1.

Тел.: +7 (484) 396-48-02; e-mail: rirac70@gmail.com

Подпись ведущего научного сотрудника лаборатории математического моделирования и программно-информационного обеспечения ФГБНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии" А.Н. Переволоцкого удостоверяю

Ученый секретарь ФГБНУ "Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии", канд. биол. наук

11 мая 2023г.



 /С.И. Санжарова/