СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета 68.1.003.01 (Д 462.001.04)

при Федеральном Государственном Бюджетном Учреждении

«Государственный научный центр Российской Федерации -

Федеральный медицинский биофизический центр им А.И. Бурназяна»

Протокол № 6 от 21 октября 2021 года

Защита диссертации

Лаврентьевой Галины Владимировны «Радиобиологическое обоснование метода оценки экологического риска по критическим нагрузкам», на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности: 1.5.1 – Радиобиология.

Председатель заседания – председатель диссертационного совета член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор А.С. Самойлов.

Учёный секретарь – доктор медицинских наук Шандала Наталия Константиновна

Списочный состав – **24** человека.

Присутствует **18** членов диссертационного совета.

Список членов диссертационного совета, присутствующих на заседании:

член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук, профессор А.С. Самойлов, доктор медицинских наук, профессор А.Ю. Бушманов, доктор медицинских наук Н.К. Шандала, доктор медицинских наук, доцент Т.А. Астрелина, доктор медицинских наук, профессор А.П. Бирюков, доктор медицинских наук, профессор Иванов А.А., доктор медицинских наук, профессор И.В Иванов, доктор биологических наук, профессор И.П. Коренков, доктор биологических наук Т.Н. Лащёнова, доктор биологических наук, профессор С.Н. Лукьянова, доктор биологических наук, профессор А.М. Лягинская, доктор биологических наук В.Ю. Нугис, доктор

биологических наук, профессор А.Н. Осипов, доктор биологических наук Л.М. Рождественский, доктор биологических наук В.Ю. Соловьев, доктор биологических наук Л.П. Сычева, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН И.Б. Ушаков, доктор биологических наук, профессор А.С. Штемберг.

Председатель: Для проведения заседания имеется кворум.

Разрешите объявить, заседание диссертационного совета по защите докторской диссертации Лаврентьевой Галины Владимировны – открытым.

Тема «Радиобиологическое обоснование метода оценки экологического риска по критическим нагрузкам», на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности: 1.5.1 – Радиобиология.

Научный консультант - доктор биологических наук, профессор, профессор Отделения ядерной физики и технологий Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» - Сынзыныс Борис Иванович.

Официальные оппоненты:

1. Панов Алексей Валерьевич – доктор биологических наук, профессор РАН, главный научный сотрудник лаборатории математического моделирования и программно-информационного обеспечения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», г. Обнинск;
2. Позолотина Вера Николаевна – доктор биологических наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией популяционной радиобиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экологии растений и животных Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург.

3. Мамихин Сергей Витальевич – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник кафедры радиоэкологии и экотоксикологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-производственное объединение «Тайфун», г. Обнинск.

Диссертация представляется к защите впервые.

Председатель: Слово предоставляется Ученому секретарю Шандале Наталие Константиновне для ознакомления совета с представленными соискателем документами.

Ученый секретарь: В диссертационный совет представлена диссертация Лаврентьевой Галины Владимировны «Радиобиологическое обоснование метода оценки экологического риска по критическим нагрузкам» на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.1 – Радиобиология. Документы, поданные в диссертационный совет, соответствуют требованиям положения ВАК.

Галина Владимировна 1983 года рождения, в 2005 г. окончила Обнинский государственный технический университет атомной энергетики по специальности «Экология». В 2008 г. соискатель защитила диссертацию на соискание степени кандидата биологических наук по специальностям 03.00.01 – Радиобиология и 03.00.16 – Экология.

С 2009 по 2014 гг. работала в должности доцента кафедры экологии Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

С 2014 г. по настоящее время Галина Владимировна работает в должности доцента кафедры экологии и промышленной безопасности Калужского филиала федерального государственного бюджетного образовательного

учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

Тема диссертации утверждена на заседании Ученого Совета Калужского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (протокол № 6 от 01 марта 2016 г.).

Диссертационная работа выполнена на базе кафедры экологии и промышленной безопасности Калужского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» и кафедры экологии Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

Апробация диссертации состоялась на расширенном заседании кафедры экологии и промышленной безопасности Калужского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана) с привлечением специалистов Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (ИАТЭ НИЯУ МИФИ), (Протокол № 7 от 24 февраля 2021 г.).

Все разделы диссертации являются несекретными

Председатель: Есть ли вопросы к Ученому секретарю?

Председатель: слово для доклада предоставляется Лаврентьевой Галине Владимировне, регламент доклада 30 минут.

Диссертант:

Здравствуйте, глубокоуважаемый Председатель и члены диссертационного совета!

Разрешите представить диссертационную работу на тему: «Радиобиологическое обоснование метода оценки экологического риска по критическим нагрузкам».

В настоящее время надежным инструментом нормирования загрязнения окружающей среды, в том числе и радиоактивного, является оценка риска. При этом развитие системы оценки экологического риска сдерживается отсутствием единых методологических подходов и недостатком научной информации о биологических эффектах в натурных условиях.

Целью диссертационной работы является разработка метода количественной оценки экосистемного риска при хроническом радиоактивном загрязнении и апробация метода на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению.

Задачи работы:

1. изучить последствия хронического радиационного воздействия на референтные показатели популяций наземных моллюсков, обитающих в зоне влияния хранилища радиоактивных отходов;
2. изучить влияние радиоактивного загрязнения почвы на ферментативную активность, включая уреазную, дегидрогеназную, инвертазную и каталазную активность почв;
3. разработать алгоритм и выполнить дозиметрические расчеты внешнего и внутреннего облучения моллюска для различных геометрий приемника и источника излучения;
4. разработать метод количественной оценки риска для экосистем, подвергшихся радиоактивному загрязнению;

5. оценить экологический риск для территории исследования посредством разработанного метода.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Разработан метод количественной оценки экосистемного риска в условиях радиоактивного загрязнения окружающей среды, который основан на экспериментальном обосновании референтных видов и определении критических нагрузок на референтные показатели.

2. Наземный моллюск F. fruticum M. может быть предложен в качестве референтного вида в биологическом мониторинге при хроническом радиоактивном загрязнении ^{90}Sr наземной экосистемы, основанном на анализе морфологического показателя высоты раковины моллюска, коэффициента накопления радионуклида и уровня белков-МТ в мягких тканях.

3. Коэффициент накопления ^{90}Sr раковинами наземного моллюска F. fruticum M. не является константой, его изменение в зависимости от удельной активности радионуклида в крапиве двудомной (U. dioica L.) описывается степенной функцией.

4. В идентичных радиоэкологических условиях при учете индексов радиационного воздействия наземный моллюск подвергается большему радиационному воздействию, чем человек, что указывает на необходимость дальнейшего обоснования экоцентрической концепции защиты окружающей среды в условиях повышенного радиационного фона.

Предлагаемый метод основан на методе критических нагрузок, которой изначально был разработан для контроля атмотехногенного загрязнения и получил своё дальнейшее развитие в ряде научных исследований.

Метод включает пять классических этапов:

1. идентификация опасности;

2. выявление референтных видов и показателей;

3. определение и анализ критических нагрузок на основе построения зависимостей «доза - эффект» в градиенте нагрузки;

4. оценка экологического риска по критическим нагрузкам и анализ функций риска;

5. анализ неопределенностей в оценке экологического риска.

При этом применяются принципиально новые методы и подходы, ранее не рассматриваемые в рамках оценки радиационных рисков.

Разработанный метод апробирован на территории расположения хранилища РАО на севере Калужской области. В 1998 г. произошла разгерметизация одной из емкостей хранилища, в результате чего сформировался источник радиоактивного загрязнения и регистрируется поступление ^{90}Sr и ^{137}Cs в прилегающие экосистемы.

Первый этап оценки риска предполагает определение реципиента и фактора экологической опасности, а также оценку экспозиции.

Учитывая возможное смешанное (радиоактивное и химическое) загрязнение изучаемой территории, на данном этапе необходимо проводить комплексные мониторинговые работы и устанавливать звенья между источником загрязнения и реципиентом воздействия.

Основными путями воздействия загрязняющих веществ на изучаемой территории является миграция радионуклидов посредством грунтовых и поверхностных вод. В свою очередь загрязнение водных объектов может являться фактором экологической опасности при оценке риска.

В связи с этим на данном этапе объектами исследования являются водные объекты, включая грунтовую воду шести наблюдаемых скважин и поверхностные воды болота и ручья.

А также почва исследуемой территории, которая отбиралась на 44 локальных участках. В качестве контроля были выбраны три участка с фоновым содержанием ^{90}Sr и ^{137}Cs в почве, и однородной по сравнению с остальными локальными участками концентрацией химических элементов в почве.

На данном этапе применялся метод методом атомной эмиссии с индуктивно связанной плазмой, метод полупроводниковой γ-спектрометрии,

сцинтилляционная спектрометрия, методом последовательной экстракции форм нахождения радионуклидов.

Статистическая обработка экспериментальных данных на этом и последующих этапах оценки риска проводилась с применением программной среды R.

На этапе идентификации опасности выявлено, что концентрация химических элементов в водных объектах не превышает соответствующих ПДК, а объемная активность ^{137}Cs намного ниже уровня вмешательства (11 Бк/кг) и фоновой активности.

Однако наблюдается превышение норматива для радионуклида ^{90}Sr (4,9 Бк/кг) в скважине №4 и ручье.

При проведении радиационного мониторинга в период с 1998 по 2014 гг. установлено уменьшение активности ^{90}Sr в грунтовых водах и ручье до значений УВ и ниже в период с 2011 по 2014 гг. Из-за проведенного комплекса защитных мероприятий по предотвращению поступления радиоактивных веществ в окружающую среду, можно ожидать дальнейшего снижения радиоактивности воды.

Таким образом, загрязнение поверхностных и грунтовых вод техногенными радионуклидами ^{90}Sr и ^{137}Cs не рассматривается в качестве фактора экологической опасности.

Концентрации химических элементов в почве не превышают значений ПДК. Удельные активности естественных радионуклидов в почве не превышают фоновых значений.

Загрязнение почв ^{137}Cs носит локальный характер, а дальнейшее расширение площади загрязнения территории радионуклидом не ожидается ввиду преобладания его фиксированной формы нахождения в почве.

Следовательно, химическое загрязнение и радиоактивное загрязнение ^{137}Cs почвы в рамках оценки экологического риска не рассматривается как фактор экологической опасности.

Несколько иная ситуация складывается в отношении радиоактивного загрязнения почвы техногенным радионуклидом ^{90}Sr, который на 68-83% находится в почве в своей ионообменной форме и 10-24% - в водорастворимой, что является одним из факторов, который способствует миграции радионуклида на изучаемой территории с возможным расширением площади радиоактивного загрязнения.

На основании данных мониторинга почв, проведенного в период с 2010 по 2017 гг., установлено, что удельная активность радионуклида ^{90}Sr в поверхностном 5-сантиметровом слое почвы возле неаварийных емкостей и участков, находящихся в стороне от тока грунтовых вод достигала максимум 100 Бк/кг. Однако в почве возле аварийной емкости наблюдается увеличение удельной активности радионуклида в период с 2010 по 2014 гг. примерно в 8 раз. При этом отмечается нарастание градиента концентрации ^{90}Sr в направлении от источника загрязнения к локальным участкам, расположенным за огороженной территорией объекта, где наблюдаются несколько очагов вторичного радиоактивного загрязнения с превышением активности 1 кБк/кг.

Таким образом, для изучаемой территории в качестве фактора экологической опасности рассматривается загрязнение ^{90}Sr, а реципиента воздействия – наземная экосистема.

Следующие этапы оценки риска направлены на выявление референтных видов и показателей, определение и анализ критических нагрузок на основе построения зависимостей «доза – эффект».

При этом возникает необходимость обоснования референтных видов с учетом региональных особенностей исследуемых территорий. Новшеством предлагаемого метода является обоснование и применение наземного моллюска в качестве референтного вида для оценки риска, что вносит существенный вклад в развитие экоцентрической концепции радиационной защиты.

Также впервые вводится термин «референтный показатель», изменение которого носит пороговый характер, а пороговое значение выступает в качестве критической нагрузки, что ранее не рассматривалось ни при оценках радиационных рисков, ни при развитии метода критических нагрузок.

В качестве претендентов на референтные виды рассматриваются наземные моллюски янтарка обыкновенная и улитка кустарниковая. Следует отметить, то моллюски давно признаны удобным инструментом биоиндикации при загрязнении окружающей среды благодаря высоким коэффициентам накопления тяжелых металлов и радионуклидов, широкой распространенности, простоте идентификации и короткому жизненному циклу.

К референтным показателям отнесены морфологические показатели моллюсков, уровень белков-МТ в мягких телах моллюсков, коэффициент накопления ^{90}Sr в раковинах моллюсков.

Также в качестве референтного показателя рассматривалась ферментативная активность почв. Известно, что радиоактивное загрязнение почвы может нарушать её гомеостаз и приводить к деградации, что вызывает изменение функциональной и биохимической активности почвенных микроорганизмов. Многими исследователями отмечается высокая эффективность экологической диагностики почвы посредством биохимических методов, среди которых наиболее перспективным считается определение показателей ферментативной активности почв.

При апробации метода были проанализированы показатели 3.5 тыс. особей наземных моллюсков, 723 пробы крапивы двудомной, 805 проб почвы.

Методы исследования на данных этапах работы включают методы определения морфологических показателей моллюсков и ферментативной активности почвы, метод мацерирования. Радиохимический метод определения уровня белков-МТ, определение удельной активности Sr в

пробах раковин моллюсков, почве, крапиве. Мощность поглощенной дозы облучения наземного моллюска оценивалась посредством общепринятого интегрированного пакета ERICA Tool, классического расчетного метода формулами Р. Левинджера, Л.Д. Маринелли и разработанной модели методом Монте-Карло.

При изучении влияния удельной активности ^{90}Sr в почве на ферментативную активность, установлено, что изменение каталазной активности почв является чувствительным показателем при радиоактивном загрязнении почв ^{90}Sr в диапазоне от 1.83±0.02 до 5203±89 Бк/кг и описывается достоверной моделью с пороговым значением, соответствующим 1858±22 Бк/кг почвы. До порогового значения, которое является критической нагрузкой, отмечается стимулирование каталазной активности, возможно обусловленное развитием устойчивых форм микроорганизмов. Дальнейшее угнетение активности связано с усилением генотоксического действия излучения Sr на клетки микроорганизмов.

На основании выявленных значимых изменений морфологических показателей у улитки кустарниковой относительно контроля следует отметить, что только данный вид моллюска может выступать в качестве референтного вида при оценке риска. При этом в качестве референтных показателей могут рассматриваться морфологические параметры моллюска.

Для изучения закономерностей распределения радионуклидов между компонентами экосистем, а, следовательно, и связей биологических эффектов с концентрациями радионуклидов в окружающей среде, применяются показатели миграции элементов в природных средах.

В рамках многолетнего натурного эксперимента установлено, что Изменение коэффициента накопления ^{90}Sr раковинами наземного моллюска F.fruticum в зависимости от его содержания в крапиве двудомной описывается степенной зависимостью с пороговым значением удельной активности радионуклида в крапиве – 2138±52 Бк/кг, которое может выступать критической нагрузкой для оценки риска.

Для оценки мощности поглощенной дозы облучения моллюска входными параметрами являются удельные активности радионуклидов в компонентах экосистемы.

Оценка вклада в формирование поглощенной дозы от естественных радионуклидов не учитывалась, т.к. согласно полученным экспериментальным данным их удельная активность сопоставима на всех локальных участках и с фоновыми значениями.

Установлено, что до 99 % в облучение животных вносит вклад радионуклид ^{90}Sr.

Оценка дозы облучения моллюска проведена посредством трех методов.

Расчетный метод формулами Р. Левинджера и Л.Д. Маринелли учитывает все возможные сценарии облучения животного, однако даёт завышенные оценки мощности дозы из-за игнорирования массы малого биологического объекта.

А интегрированный пакет ERICA Tool – занижает искомый показатель на 1 – 2 порядка, т.к. невозможен учет сценария самооблучения моллюска от раковины

Учитывая несовершенство общепринятых методов оценки дозовой нагрузки на малый биологический объект, в наших исследованиях проведена оценка с учетом индивидуальных особенностей организма посредством разработанного алгоритма дозиметрического расчета методом Монте-Карло.

Основной вклад в облучение животного вносит ^{90}Sr, поэтому решение дозиметрической задачи сводится к оценке переноса излучений β-источника ^{90}Sr и β-, ɣ- источника его дочернего радионуклида ^{90}Y.

Разработаны материальная и геометрическая модели изучаемого биологического объекта.

Учитываются все сценарии облучения.

Мощность поглощенной дозы облучения наземного моллюска варьирует в диапазоне от 0.32±0.07 до 76±9 мГр/год в условиях хронического

воздействия ^{90}Sr, при этом дозовая нагрузка на 95% формируется за счет самооблучения животного.

Разработанная схема дозиметрического расчета позволила установить радионуклид-специфичные коэффициенты пересчета для ^{90}Sr, учитывающие все возможные источники и сценарии облучения моллюска, что вносит вклад в решение дозиметрических задач, сформулированных МКРЗ для развития концепции радиационной безопасности биоты.

Анализ зависимостей доза – эффект позволил установить достоверное изменение высоты раковины моллюска при увеличении мощности поглощенной дозы облучения.

Выявлено пороговое значение мощности поглощенной дозы облучения наземного моллюска, соответственно и критическая нагрузка, – 37±6 мГр/год. Превышение порогового значения приводит к уменьшению ростового показателя возможно из-за подавления метаболических процессов моллюска, что приводит к дисфункции гематопанкреаса и, следовательно, к уменьшению запасания Са из пищи для построения раковины.

Изменение уровня белков-МТ в мягких тканях моллюска в зависимости от мощности поглощенной дозы облучения носит пороговый характер и описывается кусочно-линейной моделью с пороговым значением 42.3 мГр/год, которое является критической нагрузкой. Превышение порогового значения приводит к увеличению уровня белков-МТ в мягких тканях наземного моллюска.

Подобное явление может быть обосновано активизацией процессов свободнорадикального окисления при воздействии на организм более высоких доз облучения. При этом в мягких тканях наземного моллюска происходит процесс активизации синтеза белков-МТ, что проявляется в увеличении их концентрации на фоне угнетения защитных свойств других компонент антиоксидантной защиты.

Таким образом, в диссертационном исследовании установлено, что экспериментальные зависимости радиационно-индуцированного изменения

высоты раковины наземного моллюска F. fruticum и уровня белков-МТ в мягких тканях моллюсков в диапазоне мощности поглощенной дозы от 0.32±0,07 до 76±9 мГр/год являются нелинейными и подтверждают «пороговость» действия радиации на биоту.

Следующим этапом метода является оценка экологического риска по критическим нагрузкам и анализ функций риска.

Оценка риска проводится посредством расчета и пространственного анализа величин превышений критических нагрузок.

Для этого на основании превышения величины критических нагрузок необходимо построить функции распределения площади по величине, которая представляет собой разность между величиной экспозиции и безопасным уровнем воздействия

Величина воздействия на экосистему оценивается в виде отношения площади исследуемых участков, характеризующихся превышением критических нагрузок, к общей площади исследуемой территории. Таким образом, выявляется доля площади, которая имеет превышение критических нагрузок.

Площадь участков вычисляется посредством ГИС-технологий.

Затем рассчитывается вероятность превышения значений критических нагрузок.

Для каждого участка находится функция экологического риска

После этого рассчитывается экологический риск, представляющий собой комплексный показатель, характеризующий вероятность развития неблагоприятных изменений в состоянии экосистемы.

При этом за приемлемую величину для оценки радиационного риска на экосистемном уровне в предлагаемом методе принят показатель 95%-ой защищенности экосистемы: приемлемым считается такой риск, при котором площадь с превышением критических нагрузок не превышает 5% от общей площади территории исследования.

Следует отметить, что в международной практике оценка радиационного риска на биоту проводится с учетом критериев радиационной безопасности, что приводит к существенным неточностям ввиду отсутствия единого критерия. В разработанном методе в качестве критерия безопасности выступает критическая нагрузка на представителя биоты, которая предусматривает радиационно-индуцированное изменение конкретного референтного показателя его жизнедеятельности, что является одним из возможных вариантов решения проблемы оценки радиационного экологического риска.

Анализ картирования и расчета превышения критических нагрузок показывает, что для исследуемой территории площадь, характеризуемая превышением критической нагрузки для каталазной активности и высоты раковины моллюска не превышает приемлемую величину 5%.

При этом экосистемный экологический риск характеризуется как приемлемый

Приемлемым также является радиационный экологический риск при его оценке с учетом превышения критической нагрузки по уровню белков-МТ, т.к. доля площади с превышением критической нагрузки составляет 0.53%.

Таким образом, радиационный экологический риск для наземной экосистемы, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате разгерметизации емкости хранилища РАО, с учетом выявленных критических нагрузок является приемлемым при учете критической нагрузки на каталазную активность почвы, высоту раковины и уровень белков-МТ в мягких телах наземного моллюска.

Радиационный экосистемный риск с учетом критической нагрузки на референтный показатель – коэффициент накопления ^{90}Sr раковинами моллюска является неприемлемым. Однако выявлено превышение допустимой величины 5% на 0.75% из возможных 95%, что приближает приемлемость риска с учетом неопределенности в его оценке.

Анализ функций риска позволяет выявить превышение критической нагрузки на более чем 5% исследуемой территории для показателя КН. С учетом остальных референтных показателей не отмечается превышение критических нагрузок.

Заключительный этап метода – анализ неопределенностей в оценке экологического риска. Неопределенности могут возникать на каждом этапе метода оценки экологического риска. При апробации разработанного метода указанные неопределенности обоснованно исключаются.

Следует отметить, что полученные в диссертационной работе научно обоснованные решения вносят вклад в развитие существующих подходов к оценке радиационных экологических рисков, могут быть учтены при разработке отечественных и международных нормативных документов в области радиационной безопасности биоты.

Для сравнения воздействия идентичных радиоэкологических условий на биоту и население была проведена оценка дозовых нагрузок и радиационного риска для населения.

Оценка риска проводилась на основании методики МАГАТЭ, которая учитывает сценарии поступления радиоактивных веществ из хранилища РАО в природную среду и не противоречит предлагаемой российскими учеными методике. Для расчёта были выбраны два наиболее вероятных сценария: утечка жидкости и ресуспензия пыли.

Выявлено, что значение суммарного радиационного риска для здоровья населения при реализации сценариев выше уровня пренебрежимого риска для населения.

Сравнительная оценка воздействия идентичных радиоэкологических условий на население и биоту проведена посредством анализа индексов радиационного воздействия. Для расчета индексов для человека за критическую дозовую нагрузку принимался передел дозы для населения 1 мЗв/год. В качестве дозы облучения применялись рассчитанные дозы

облучения для населения с учетом выше рассмотренных сценариев эволюции объекта.

Для расчета индексов для наземного моллюска были использованы критические дозовые нагрузки, установленные в диссертационном исследовании, а также дозовый стандарт 10 мкГр/час.

Установлено, что сценарий «утечка жидкости», который был реализован на хранилище РАО, создает радиоэкологическую обстановку на изучаемой территории, при которой человек является защищенным от радиационного воздействия.

Наземный моллюск с учетом полученных в диссертационной работе критических нагрузок в сложившихся радиоэкологических условиях не является защищенным, т.к. индексы радиационного воздействия превышают 1 в среднем в 2 раза.

Однако при учете предела мощности дозы, предложенной проектом ERICA, изучаемый биологический объект является защищенным, т.к. RIFb<1.

Популяция наземного моллюска F. fruticum, обитающего в условиях хронического облучения ^{90}Sr, подвержена наибольшему радиационному воздействию, чем человек, т.к. индексы радиационного воздействия для наземного моллюска выше соответствующих индексов для человека.

Таким образом, впервые проведен сравнительный анализ радиационного воздействия на население и биоту при возможных аварийных ситуациях на хранилище радиоактивных отходов. При этом установлено неэквидозное облучение человека и представителя биоты в идентичных радиоэкологических условиях.

На основании вышесказанного можно сделать **следующие выводы**:

1. Разработанный метод оценки радиационного экологического риска по критическим нагрузкам основан на экспериментальном обосновании реципиента воздействия, референтных видов и показателей; обосновании дозиметрического метода расчета мощности поглощенной дозы

облучения референтного вида; установлении зависимостей «доза-эффект» для референтных показателей; определении критических нагрузок как предельно допустимых уровней воздействия; количественной оценки радиационного экологического риска для наземной экосистемы. Эффективность метода продемонстрирована при оценке экологического риска для территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению, с учетом комплекса референтных показателей.

При апробации метода:

2. Установлена достоверная модель изменения каталазной активности почв при радиоактивном загрязнении почв ^{90}Sr.

3. Разработана схема проведения дозиметрического расчета, которая дает наиболее точную оценку мощности поглощенной дозы облучения наземного моллюска.

4. Выявлено нелинейное радиационно-индуцированного изменения высоты раковины и уровня белков-МТ в мягких тканях наземного моллюска F. fruticum, что подтверждают «пороговость» действия радиации на биоту.

5. Установлена приемлемость радиационного экологического риска для экосистемы, подвергшейся радиоактивному загрязнению, при учете критической нагрузки на референтные показатели.

6. Популяция наземного моллюска F. fruticum, обитающего в условиях хронического облучения ^{90}Sr, подвержена наибольшему радиационному воздействию, чем человек, что указывает на необходимость дальнейшего обоснования экоцентрической концепции защиты окружающей среды в условиях повышенного радиационного фона.

Практическая значимость работы:

На основании решения НТС Госкорпорации Росатом разработанный метод может применяться для экологической диагностики территорий размещения хранилищ РАО.

Результаты исследования учтены при разработке программы реабилитации загрязненных ^{90}Sr почв на стадии вывода из эксплуатации хранилища РАО.

Результаты диссертационной работы включены в учебный процесс КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана и ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Получены свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ: «Экориск»: система анализа экологических данных, САМИР: система анализа миграции радионуклидов.

Спасибо за внимание!

Председатель: Спасибо большое. Глубокоуважаемые члены диссертационного совета, прошу задавать вопросы соискателю.

Доктор биологических наук Л.М. Рождесивенский

Вопрос: Скажите, пожалуйста, вот вы выделили в качестве референтного вида моллюска, а вот со стороны растительной биоты, она является менее чувствительной или нет? И почему вы остановились в данном случае только на моллюске? Он, что самый чувствительный вид из различных организмов, которые там обитают? Это первый вопрос. И второй вопрос. Еще раз поясните, как принято вами положение о приемлемости? Вы обнаружили какой-то риск, но вы говорите, что он приемлемый. Поясните еще раз, пожалуйста.

Ответ: Что касается первого вопроса. Несомненно, на данной территории есть и другие виды растительных организмов и животных организмов. Но мы при выборе референтного вида учитывали рекомендации МКРЗ, в которых, кстати, наземного моллюска нет, как референтного вида. Но при этом МКРЗ нам рекомендует расширять существующий список референтных видов. Наземный моллюск был выбран, т.к. он подходит по критериям, которые МКРЗ определяет к референтным организмам, а именно, достаточное количество радиобиологической информации накоплено об этом организме; один из основных критериев – это высокая аккумулирующая способность, не радиочувствительность, а высокая аккумулирующая способность по

отношению к радионуклидам. Как раз моллюск является таким организмом, т.к. практически доя 99% стронция он аккумулирует в своей раковине. Также организм должен иметь широкую распространенность на изучаемой территории, поэтому мы говорим, что когда проводим оценку риска, для исследуемых территорий надо определять свои референтный организмы. На исследуемой территории, как раз он является доминирующим видом. Что немаловажно, моллюск имеет короткий жизненный цикл, что дает нам возможность в полной мере оценить и мощность поглощенной дозы облучения и биологические эффекты, которые связаны с действием радиации. Этими моментами мы апеллировали, когда выбирали данный вид. При этом мы изучали два вида моллюсков, но только один дал значимые результаты, чтобы говорить, что он является референтным.

Что касается приемлемости риска. Оценка риска проводится с учетом критических нагрузок, которые мы установили и за приемлемость мы берем 95%-ый показатель защищенности экосистемы. Мы говорим о том, что защищенной является та экосистема, где наблюдается не превышение 5% критических нагрузок, т.е. если превышается 5% площади исследуемой территории, то это непримлемый риск, если не превышает, то это приемлемый риск. Данный индикатор введен не нами, он был использован в ряде научных исследований, в работах Воробейчика, Башкина, а изначально был введен немецким агентством по защите окружающей среды. Мы развиваем это видение.

Председатель: Вы удовлетворены ответом, Лев Михайлович?

Доктор биологических наук Л.М. Рождесивенский: Да.

Доктор биологических наук, профессор, И.П. Коренков

Вопрос: У меня три вопроса. Первый вопрос. Вы применяли три метода расчета доз. Какая погрешность у вас при расчете? Это первый вопрос. Второй вопрос: на странице 18 автореферата вы приводите допустимые содержания цезия в почве 100 БК/кг. Откуда это значение допустимого уровня вы взяли. И третий вопрос: вы определил эту прекрасную работу по

референтным видам, написали ли вы об этом в Национальную комиссию по радиационной защите России, чтобы они утвердили этот для дальнейших исследований. Всё.

Ответ: Спасибо за вопросы. Первый вопрос, по расчету мощности доз: при расчете мощности доз мы пользовались экспериментальными данными, работали мы на уровне 95%-ой доверительной вероятности при анализе экспериментальных данных. При оценке доз ошибки составляли от 10 до 15% с учетом тех допущений, которые мы рассматривали при разработке дозиметрического алгоритма расчета и методами Левинджера и Маринелли, т.к. при этих расчетах, простите за тавтологию, допускается ряд допущений.

Что касается автореферата. Этот показатель нормируемый и он приведен в документе ОСПОРБ –99/2010, где и для стронция и для цезия эти нормативы приведены.

Что касается РНКРЗ, мы готовимся к этому вопросу. Почему мы до сих пор этого не сделали? Потому, что у нас заканчивается цикл лабораторных исследований по выявлению релевантных показателей при лабораторном облучении моллюска. Эти работы на выходе, но чтобы дать такие рекомендации необходимо обосновать референтный организм, в том числе и с учетом острого гамма-облучения.

Председатель: Вы удовлетворены ответом, Игорь Петрович?

Доктор биологических наук, профессор, И.П. Коренков: Да.

Председатель: Ещё вопросы?

Доктор биологических наук В.Ю. Нугис

Вопрос: у меня познавательный вопрос, можете сказать, почему янтарка более радиоустойчива, чем кустарниковая улитка?

Ответ: насчет радиоустойчивости, так, наверно, заявлять нельзя, что она более радиоустойчива. Просто при малых дозах облучения не проявляются те показатели, которые мы изучали, морфологические показатели. Возможно, что янтарка больше обитает во влажных местах нежели улитка кустарниковая и поэтому мы говорим о меньшем депонировании стронция

ввиду того, что в воде его меньше, чем в почве. Это особенность исследуемой территории. Возможно, на других территориях она проявит себя подругому. Мы говорим только о своей территории исследования, где получены такие данные.

Вопрос: Просто в автореферате у Вас написано радиоустойчива

Ответ: Возможно, я слишком громко об этом заявила, да.

Доктор биологических наук В.Ю. Нугис: Хорошо.

Доктор медицинских наук, профессор А.А. Иванов

Вопрос: Галина Владимировна, у меня чисто методический вопрос. Скажите, пожалуйста, какая средняя продолжительность жизни моллюска.

Ответ: 5-5,5 лет

Вопрос: второй вопрос касается именно этого. На различных территориях, по-видимому, у вас была разная концентрация этих особей. Не пытались определить взаимосвязь между экологической ситуацией в данном районе и количеством пойманных моллюсков? И еще вопрос: какого было распределение возрастное по этим территориям моллюсков?

Ответ: Спасибо за вопрос. Вопрос понятен. При анализе данных, хотелось бы сразу уточнить, для анализа мы отбирали моллюсков только одной возрастной группы, это половозрелые моллюски. Мы работали только с теми участками, которые имеют плотность заселения 24-25 особей на квадратный метр. Т.е. мы говорим только об одной возрастной группе. Конечно, нам встречались особи и других возрастных групп. Но, к сожалению, мы не считали их количество, таких целей мы себе не ставили. Мы работали с одной возрастной группой, чтобы нивелировать факторы возникновения отклонения в морфологических показателях по возрастному признаку.

Доктор медицинских наук, профессор, член корреспондент РАН А.С Самойлов

Спасибо! Еще вопросы, коллеги. Если вопросов нет, я бы хотел тоже задать диссертанту вопрос.

Вопрос: Работа выполнена на высоком методическом уровне с применением современных методов исследования. Хотел поинтересоваться, имеется ли в Вашей организации испытательный лабораторный центр и аккредитован ли он в системе Росаккредитации?

Ответ: Конкретно в нашей организации таких центров нет, но работа выполнена с привлечением финансирования Грантов, которые были нами получены для проведения этих работ. Все измерения мы проводили в сертифицированных лабораториях на базе ВНИИРАЭ в Обнинске.

Председатель: Спасибо! Коллеги, вопросы, пожалуйста.

Доктор медицинских наук, профессор И.В. Иванов

Вопрос: вы апеллируете термином приемлемое экологическое состояние, а не благополучное экологическое состояние. Какая разница между этими подходами?

Ответ: мы говорим в своей работе о риске и в развитии методов рискологии принято значение приемлемости или неприемлемости риска. Поэтому мы и говорим о приемлемости или неприемлемости.

Доктор медицинских наук, профессор И.В. Иванов: Спасибо!

Председатель: Самойлов А.С.: Спасибо! Вопрос? Да, пожалуйста.

Доктор биологических наук В.Ю. Соловьев

Вопрос: Галина Владимировна, Ваша работа очень хорошо представлена. Но у меня очень сложный вопрос, который выходит за пределы вашей работы. Вы говорите об экологическом риске. Насколько радиационная составляющая экологического риска значима по сравнению с другими составляющими, например, лесные и степные пожары и т.д. Это вопрос первый. И второй вопрос: в нашей жизни еще ворвался новый фактор риска для здоровья человека, это ковид-19. Это все понимают. И вот насколько фактор риска для здоровья человека радиационный, в тех дозах, которые вы изучаете и ковид-19 в сравнении? Спасибо.

Ответ: Спасибо за вопрос. Вопрос, конечно, очень интересный, но не знаю насколько я смогу удовлетворить Вас своим ответом. Что касается

приемлемости радиационного риска и других факторов, пожара и т.д., мы не проводили таких оценок. Это совершенно разнонаправленные работы. Что касается риска от ковида, мне вообще сложно что-то сказать на эту тему. Это работы только в перспективе всей российской и не только российской науки.

Председатель: Спасибо, коллеги! Вопросов больше нет?

Коллеги, требуется ли объявить технический перерыв? Если нет, то давайте продолжим заседание.

Слово предоставляется научному консультанту, доктору биологических наук, профессору **Сынзынысу Борису Ивановичу**.

Научный консультант: выступление (отзыв прилагается).

Председатель: Прошу ученого секретаря ознакомить диссертационный совет с заключением организации, где выполнялась работа и поступившими отзывами на диссертацию Лаврентьевой Галины Владимировны.

Слушали ученого секретаря:

Заключение организации, где выполнялась работа: оглашено полностью (отзыв прилагается);

Отзыв Ведущей организации – оглашен полностью (отзыв прилагается):

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-производственное объединение «Тайфун», г. Обнинск, в своем положительном отзыве, утвержденном директором ФГБУ «НПО Тайфун» кандидатом технических наук Косых Валерием Семеновичем, подписанном доктором биологических наук, ведущим научным сотрудником ФГБУ «НПО Тайфун» Крышевым Александром Ивановичем указала, что диссертационная работа Лаврентьевой Галины Владимировны «Радиобиологическое обоснование метода оценки экологического риска по критическим нагрузкам», представленная на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.1 – Радиобиология, является законченной научно-квалификационной работой, которая вносит существенный вклад в решение крупной народнохозяйственной проблемы -

обеспечение радиационной защиты биоты и экологической безопасности на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, а так же в развитие экоцентрической концепции радиационной защиты.

Диссертация Лаврентьевой Г.В. соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждении ученых степеней» утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., (с изменениями Постановления Правительства РФ от 21 апреля 2016 г. № 335), а её автор – Лаврентьева Галина Владимировна – заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.1 – Радиобиология.

Ученый секретарь: Также, на **10** разосланных авторефератов в диссертационный совет поступило **7 положительных отзывов:**

1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского", подписанный профессором кафедры биологии и экологии, доктором биологических наук, заслуженным экологом страны Алексеем Борисовичем Стрельцовым, без замечаний;

2. ФГБУ Национальный медицинский исследовательский радиологический центр имени А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, подписанный заместителем директора по научной работе, Председателем РНКРЗ, главным редактором журнала «Радиация и риски», доктором технических наук, профессором, член-корреспондентом РАН Виктором Константиновичем Ивановым, без замечаний;

3. Институт радиобиологии и радиационной защиты НАО Медицинский институт Астана Министерства здравоохранения Республики Казахстан, подписанный заместителем директора, доктором биологических наук, профессором Мейратом Мухамедкаримовичем Бахтиным;

4. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет»,

подписанный доцентом кафедры агротехнологии, кандидатом биологических наук Натальей Викторовной Ляминой, имеется вопрос: Автор неоднократно говорит об отсутствии единого критерия оценки безопасности биоты. При этом не приводит информацию о существующих критериях безопасности биоты. Существенна ли разница между критериями безопасности, применяемыми в российской и международной практике?

5. Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», подписанный ведущим научным сотрудником отдела радиоэкологии, доктором биологических наук, старшим научным сотрудником Алевтиной Григорьевной Кудяшевой, без замечаний;

6. Институт Биологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики, подписанный заведующим лабораторией биогеохимии и радиоэкологии, главным ученым секретарем НАН КР, доктором биологических наук, профессором Бекмаматом Мурзакматовичем Дженбаевым, без замечаний;

7. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, подписанный главным научным сотрудником лаборатории физико-химических проблем радиобиологии и экологии, доктором химических наук, профессором Людмилой Николаевной Шишкиной, без замечаний.

Все отзывы положительные, в них подчеркивается целостность фундаментального научного исследования, обоснованные результаты которого имеют важное теоретическое и практическое значение. Также подчеркивается высокий уровень выполнения диссертационного исследования соответствующего требованиям предъявляемым ВАК к докторским диссертациям.

Председатель: Галина Владимировна, предоставляю Вам слово для ответа.

Диссертант: Уважаемый председатель и члены диссертационного совета!

Разрешите выразить искреннюю благодарность ведущей организации НПО «Тайфун» в лице генерального директора кандидата технических наук Косых Валерия Семеновича, а также доктора биологических наук Крышева Александра Ивановича, составившего отзыв, за огромный труд по анализу диссертационной работы, ее положительную оценку и ценные замечания. По замечаниям разрешите дать пояснение:

Замечание: В обзоре литературы отсутствует ссылка на современную публикацию МКРЗ №136 по тематике диссертации «Dose coefficients for non-human biota environmentally exposed to radiation» (2017 г.).

Ответ: В Публикации 136 МКРЗ представлено усовершенствование подходов при оценке дозовых коэффициентов для референтных видов. В диссертационном исследовании для оценки мощности поглощенной дозы облучения применялась разработанный алгоритм дозиметрического расчета, дозовые коэффициенты из вышеуказанной Публикации не применялись из-за их отсутствия для наземного моллюска. Основополагающие требования к референтным видам представлены в Публикации 108, которые получили развитие в Публикациях 114 и 124, ссылки на которые в работе приведены.

Замечание: Отсутствие сравнения оценок радиационного риска и дозовых нагрузок, полученных для нового референтного вида (моллюска) с оценками доз и радиационного риска на той же загрязненной ^{90}Sr территории для рекомендованных МКРЗ референтных видов (дождевого червя и мыши). Такое сравнение могло бы более четко показать необходимость введения новых референтных видов в систему радиационной защиты биоты.

Ответ: Для оценки радиоэкологической обстановки на изучаемой территории из рекомендованных МКРЗ референтных видов наиболее подходящими являются крыса и дождевой червь. Несомненно, при планировании экспериментов мы учитывали возможность применения вышеуказанных референтных видов. Однако на себя обращают внимание следующие факты. Крыса скорее относится к числу объектов лабораторных

исследований и по многим экологическим параметрам значительно отличается от обитателей почвы – мышевидных грызунов. Кроме того, учитывая миграционные особенности грызунов, а именно, за стуки они могут преодолевать расстояния до 17 км, сложно интерпретировать данные о получении дозовой нагрузки на животное, а при анализе зависимостей «доза-эффект» будут возникать серьезные неопределенности.

Использование дождевого червя в качестве референтного вида является наиболее адекватным решением ввиду широкого распространения червей, сравнительно простой геометрической формы и постоянству местообитания. Однако при сложившихся радиоэкологических условиях на изучаемой территории применение этого референтного вида считаем нецелесообразным. Во-первых, основным дозообразующим радионуклидом на изучаемой территории является остеотропный радионуклид ^{90}Sr, а у червя костная ткань отсутствует. Учитывая, что ^{137}Cs накапливается в мягких тканях, можно считать, что дождевые черви наиболее достоверно будут характеризовать уровень радиационного воздействия на природную среду. Однако загрязнение почв ^{137}Cs для территории исследования не превышает фоновых значений и носит локальный характер. Во-вторых, развивая идею экологического подхода к описанию экосистем, желательно отразить трофические связи между основными видами, участвующими в массопереносе. Это условие не выполняется при изучении цепи «почва-дождевой червь», так как цепь не включает продуцента (растение). В-третьих, глубина обитания червя варьирует от поверхностных слоев почвы до глубин 1,5 – 2 м, а ^{90}Sr на изучаемой территории аккумулируется в верхнем 5-ти см слое почвы, что может приводить к существенным ошибкам при оценке мощности поглощенной дозы облучения.

Таким образом, возникла необходимость обоснования нового альтернативного референтного вида с учетом радиоэкологических и региональных особенностей изучаемой территории. Изучение

доминирующих видов территории позволило установить, что таким видом являются наземные моллюски.

Замечание: Автор определяет пороговую критическую нагрузку для экосистемы как уровень облучения, соответствующий статистически значимому изменению определенной биологической характеристики (например, высота раковины). Необходимо обосновать, каким образом изменение предложенного конкретного показателя может повлиять на жизнеспособность популяции или экосистемы в целом.

Ответ: Изменение референтных показателей, определенных в диссертационном исследовании, могут выступать в качестве индикаторов релевантных эффектов животного, которые рекомендует МКРЗ, например, заболеваемости или задержки развития.

Замечание: Необходимо обсудить значимость для экосистемы в целом обнаруженных изменений в изученных автором показателях отдельных компонентов экосистемы (почва, моллюски) и отранжировать их, выбрав и обосновав наиболее критический параметр для всей экосистемы.

Ответ: Нами было проведено ранжирование полученных радиационно-индуцированных эффектов в соответствии с концептуальной моделью зональности хронического действия ионизирующей радиации в природных популяциях, разработанной Г.Г. Поликарповым, что отражено в ряде наших публикаций. Шкала модели Г.Г. Поликарпова включает шесть зон в соответствии с диапазонами мощности дозы облучения представителей биоты: условную зону неопределенности <0,01 – 0,4 мГр/год (ниже наименьшего уровня природного фона); зону радиационного благополучия 0,4 – 5 мГр/год (в пределах природного фона); зону физиологической маскировки 5 – 50 мГр/год; зону экологической маскировки 50 – 400 мГр/год; зону явного действия 4000 – > 3000000 мГр/год; зону «Радиационного порога гибели биосферы» >>МГр/год.

Мощность поглощенной дозы облучения моллюска на изучаемой территории варьирует в диапазоне от 0,32±0,07 до 76±9 мГр/год и охватывает

зону радиационного благополучия (0,04 – 5 мГр/год), физиологической маскировки (5 – 50 мГр/год) и характеризуется началом переходного периода (от 50 до 76±9 мГр/год) в зону экологической маскировки (50 – 400 Гр/год). Следует учитывать, что отнесение к зоне физиологической маскировки (от 5 до 50 мГр/год) предполагает эффекты, замаскированные природной вариабельностью физиологических функций.

Увеличение высоты раковины моллюска до 1,5±0,3 см при возрастающей дозовой нагрузке до 37±6 мГр/год соответствует зоне радиационного благополучия. Снижение высоты раковины до 0,41±0,06 см при дальнейшем повышении мощности дозы облучения до 76±9 мГр/год соответствует зоне физиологической маскировки и переходному диапазону зоны экологической маскировки.

Изменение уровня белков-МТ в мягких тканях моллюска отнесено к зоне радиационного благополучия и физиологической маскировки, где отмечается дозонезависимый участок (уровень белков-МТ варьирует в промежутке от 12±2 до 27±4 мкг/г) при мощностях доз 0,32±0,07 – 42,3±5,8 мГр/год. Переходный диапазон от зоны физиологической маскировки к зоне экологической маскировки характеризуется дозовой нагрузкой на моллюска от 46±7 до 76±9 мГр/год и линейным повышением уровня белков-МТ (от 27±4 до 57±9 мкг/г).

Замечание: В главе 7 отсутствует обоснование определения размеров территории, для которой проводится расчет экологического риска.

Ответ: Определение площади исследуемой территории приведено на стр.57-58 диссертации в разделе 3.1 «Экспериментальная площадка для проведения натурных радиобиологических и радиоэкологических исследований». Общая площадь исследуемой территории составляет 0.54 га и ограничивается на севере ограждением хранилища радиоактивных отходов, учитывая, что загрязняющие вещества мигрируют от аварийной ёмкости по склону к реке Протва; на юге – образовавшимся естественным геохимическим барьером, который минимизирует дальнейшую миграцию

^{90}Sr на юг, что подтверждается данными многолетнего мониторинга; на западе и востоке – строениями, которые также припятствуют дальнейшему распространению радиоактивного загрязнения. Площадь исследования была определена ареалом загрязнения ^{90}Sr почвы территории, который был установлен при многолетних радиоэкологических исследованиях. Почва считалась загрязненной, если удельная активность радионуклидов превышала фоновые значения. Следует отметить, что оценка радиационного экологического риска выполнена только для территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате разгерметизации емкости хранилища радиоактивных отходов.

Замечание: Для расчета индекса радиационного воздействия для моллюска автор использует только одно, максимальное, значение мощности дозы. В то же время из таблицы 21 следует, что установленные автором уровни критической нагрузки 37 мГр/год превышаются только на 6-ти из обследованных 44-х участков. В связи с этим вывод о том, что «моллюск…в сложившихся радиоэкологических условиях не является защищенным» представляется спорным.

Ответ: Действительно, при анализе полученных экспериментальных данных о мощности поглощенной дозы облучения наземного моллюска превышение критической нагрузки наблюдается не на всей территории исследования. Однако если создаются экологические условия, при которых часть популяции является не защищенной, в данном случае, от радиационного воздействия можно говорить о не защещенности популяции, учитывая некоторые неопределенности в пространственном распределении особей.

Диссертант: Разрешите также высказать слова благодарности всем неофициальным оппонентам за представленные отзывы на автореферат.

Вопрос: от Федерального государственного автономного образовательного учреждения Высшего образования «Севастопольский государственный университет» Ляминой Натальи Викторовны:

Автор неоднократно говорит об отсутствии единого критерия оценки безопасности биоты. При этом не приводит информацию о существующих критериях безопасности биоты. Существенна ли разница между критериями безопасности, применяемыми в российской и международной практике?

Ответ: В настоящий момент нет единого общепринятого критерия радиационной безопасности для представителей флоры и фауны. Например, в рамках международных проектов ERICA и PROTECT рекомендован безопасный предел 10 мкГр/час, который предназначен для всех групп организмов. МКРЗ дифференцирует представителей биоты и рекомендует безопасные уровни воздействия ионизирующего излучения в диапазоне от 0,1 до 10 мГр/сут. Шкала дозовых нагрузок на биоту, разработанная Поликарповым Г.Г. включает шесть зон в зависимости от мощности дозы облучения в диапазоне от 0,01 мГр/год до 3 и более МГр.

В шкале проявления радиационных эффектов в зависимости от уровня хронического облучения, составленной Крышевым И.И. и Сазыкиной Т.Г. на основании анализа более 400 научных публикаций, приводится диапазон от 10^{-6} до 1 Гр/сут. При этом анализ рекомендуемых различными международными и российскими организациями безопасных пределов облучения биоты позволяет заключить, что минимальные безопасные уровни колеблются в пределах от 4 до 40 мкГр/час.

Председатель: Спасибо большое.

Предоставляется слово **первому оппоненту** – доктору биологических наук, профессору РАН **Панову Алексею Валерьевичу**.

Слушали: Официального оппонента, доктора биологических наук, профессора РАН Панова Алексея Валерьевича. (Отзыв прилагается).

Председатель: Спасибо большое, Алексей Валерьевич.

- Галина Владимировна, предоставляю Вам слово для ответа

Диссертант: Глубокоуважаемый Алексей Валерьевич! Спасибо за конструктивные замечания. Разрешите мне ответить на замечания и вопросы.

Вопрос: Представленный автором метод оценки экологического риска в ходе выполнения диссертационной работы был достаточно хорошо отработан на одном виде наземных беспозвоночных и одном радионуклиде - ^{90}Sr, являющимся бета-излучателем. Насколько применим, по мнению диссертанта, данный метод для других радиоэкологических ситуаций: экосистем, организмов, радионуклидов, например, альфа- и гамма-излучателей или их комбинированном воздействии? Не потребуется ли серьезная модернизация представленных подходов в каждом новом случае?

Ответ: Предложенный метод оценки радиационного риска применим не только для изученной в диссертации радиоэкологической ситуации. Несомненно, при рассмотрении других источников облучения и видов организма необходима оценка референтных показателей и критических нагрузок для сложившихся радиоэкологических условий с учетом региональных особенностей территорий. Однако сами подходы, предлагаемые в диссертационном исследовании, а именно выявление критических нагрузок и интерпретация риска на экосистемный уровень модернизации не потребует.

Вопрос: В табл. 8 представлены данные по содержанию естественных радионуклидов в почвах исследуемых участков и их сравнение с «фоном» и соответствующей ссылкой. По данным UNSCEAR (UN, Sources and Effects of Ionizing Radiation, 2000) средние для РФ значения ^{40}K составляют 520 Бк/кг, ^{226}Ra – 27 Бк/кг, ^{232}Th – 30 Бк/кг. Таким образом, полученные данные по ^{40}K и ^{232}Th ниже среднероссийских примерно в два раза, а не соответствуют им как указано в табл. 8.

Ответ: В диссертационной работе проведен анализ содержания естественных радионуклидов в почве с учетом данных, представленных в Ежегоднике «Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2015 году», который выпускается научно-производственным объединением «Тайфун» Росгидромета. Считаем, что «фоновые» значения, представленные в вышеуказанном Ежегоднике более

актуальны для анализа экспериментальных данных, полученных на изучаемой территории в 2015 году, нежели данные НКДАР (UN, Sources and Effects of Ionizing Radiation, 2000).

При этом на изучаемой территории удельная активность ^{40}K варьирует в диапазоне от 179 до 305 Бк/кг, ^{226}Ra – от 17,5 до 34,5 Бк/кг, ^{232}Th – от 10,1 до 19,6 Бк/кг. Фоновые значения удельной активности естественных радионуклидов в почве, представленные в Ежегоднике, составляют 263 Бк/кг для ^{40}K, 23 Бк/кг – для ^{226}Ra, 13 Бк/кг – для ^{232}Th, поэтому можно говорить о соответствии содержания радионуклидов в почве фоновым значениям.

Вопрос: В табл. 1 обзора литературы автор приводит шкалу радиационных эффектов на биоту в зависимости от мощности дозы хронического облучения. Как соотносятся результаты по изменению высоты раковины моллюска от мощности поглощенной дозы, представленные на рис. 23 с данными табл. 1? Возможно ли, что на изменение высоты раковины повлияли помимо мощности дозы (особенно при низких уровнях воздействия) другие факторы и, как в этом случае, их можно учесть?

Ответ: Как соотносятся результаты по изменению высоты раковины моллюска от мощности поглощенной дозы, представленные на рис. 23 с данными табл. 1?

Полученный в диссертационном исследовании радиационный эффект изменения высоты раковины наземного моллюска проявляется при мощности дозы облучения 37 мГр/год, что соответствует $1{,}01 \cdot 10^{-4}$ Гр/сутки. В соответствии с таблицей 1 диссертации, в которой представлена одна из существующих градаций радиобиологических эффектов, вышеуказанная мощность дозы облучения попадает в диапазон шкалы, который описывает «небольшое увеличение цитогенетических эффектов и стимулирующее воздействие на чувствительные виды организмов». Стимулирование ростового показателя до достижения порогового значения мощности дозы облучения вполне соотносится с данной шкалой. Кроме того, полученные в

диссертации результаты могут расширить шкалу экспериментальными данными о радиационно-индуцированных эффектах.

Вопрос: Возможно ли, что на изменение высоты раковины повлияли помимо мощности дозы (особенно при низких уровнях воздействия) другие факторы и, как в этом случае, их можно учесть?

Ответ: Учитывая существующие исследования в области малакологии, известно, что на морфологические параметры раковины моллюсков оказывает влияние ряд факторов, включая физико-химические особенности среды обитания, климатические факторы, плотность популяции, возраст моллюсков, загрязнение среды обитания моллюска. В соответствии с проведенным экспериментом вышеуказанные факторы исключаются, а именно:

- климатические – ввиду того, что локальные участки изучаемой территории, общей площадью 0,54 га, расположены в идентичных климатических условиях (уровень влажности, температурные условия среды обитания, затененность/освещенность);

- плотность популяции – ввиду того, что пробоотбор моллюсков осуществлялся с локальных участков, характеризующихся идентичной плотностью популяции *F. fruticum* ($\geq$ 24 особи/м^2)*;*

- возрастной фактор – анализировались особи одной возрастной группы;

- химическое загрязнение изучаемой территории – ввиду однородности загрязнения контролируемых локальных участков по сравнению с контрольным участком и относительно друг друга. Также не наблюдается зависимость изменения ростового показателя от суммарного показателя загрязнения почвы химическими веществами (соответствующие данные приведены в Приложении 4 на рис. 4.1).

Вопрос: Автором для модельных расчетов мощности поглощенной дозы облучения наземного моллюска использован рекомендованный МАГАТЭ и широко используемый программный пакет ERICA. Если, по мнению автора,

в данной программе занижается результат оценки доз, почему не были использованы для расчетов другие программные продукты, например, RESRAD-BIOTA, ECOLEGO или др.? В чем принципиальное отличие разработанной автором модели от таковых, используемых в международных программных пакетах, например в ERICA?

Ответ: Посредством программных продуктов RESRAD-BIOTA, ECOLEGO выполняются оценки доз облучения представителей биоты, но в большинстве случаев адекватные оценки возможно получить только при проведении модельных лабораторных экспериментов, а не натурных. Это обуславливается, например, необходимостью для оценки дозы облучения моллюска такого входного параметра как масса поедаемого корма на входе и на выходе из организма. Кроме того для расчетов в рамках данных продуктов необходим детальный анатомический анализ животного организма, включая изучение депонирующих радионуклиды органов, что представляет собой задачи лабораторных экспериментов. Тогда как для натурных условий, изученных в работе, расчеты проводились методами, которые позволяют нивелировать анатомические особенности животного.

Признанный на международном уровне подход к расчету дозовых нагрузок на представителей биоты посредством интегрированного пакета ERICA Tool приводит к занижению мощности дозы облучения наземного моллюска.

В программе ERICA Tool для наземных моллюсков и в целом для организмов, обитающих в толще травянистой растительности, отсутствует возможность оценки мощности дозы облучения от растительности. К заниженным оценкам доз также приводит невозможность учета сценария самооблучения моллюска от раковины как источника внешнего облучения мягких тканей, который дает основной вклад в формирование дозы.

Данные условия связанны не с ошибкой в расчетных методах программы, а с биологическими и экосистемными условиями облучения, которые формируются для изучаемых организмов и которые необходимо

учитывать при оценке мощности дозы на представителей биоты. Разработанный нами алгоритм дозиметрического расчета мощности поглощенной дозы облучения моллюска посредством метода Монте-Карло учитывает все возможные сценарии облучения животного (самооблучение; обитание моллюска на поверхности почвы; обитание в почве в состоянии анабиоза; обитание на растительности).

Председатель: Предоставляется слово **второму оппоненту** – доктору биологических наук **Мамихину Сергею Витальевичу**.

Председатель:

Слушали: Официального оппонента, доктора биологических наук Мамихина Сергея Витальевича (Отзыв прилагается).

Председатель: Спасибо большое, Сергей Витальевич.

Председатель: - Галина Владимировна, предоставляю Вам слово для ответа

Диссертант: Глубокоуважаемый Сергей Витальевич! Благодарю Вас за глубокий анализ диссертационной работы. Разрешите ответить на вопросы и замечания.

Замечание: Универсальность предложенной в работе методологии оценки радиоэкологического риска была бы более очевидной, если бы рассматривалось загрязнение еще одним из наиболее опасных в биологическом отношении радионуклидов – радиоцезием.

Ответ: Несомненно, ^{137}Cs является биологически значимым радионуклидом, а при оценке радиационного риска необходимо учитывать все возможные загрязняющие вещества изучаемой экосистемы, что реализовано на этапе идентификация опасности. На данном этапе при апробации разработанного метода выявлено локальное загрязнение 137Cs почв на трех локальных участках. В почве других участков удельная активность 137Cs ниже фоновых значений. Кроме того, предлагаемый нами референтный организм подвергается облучению на 99% от радионуклида ^{90}Sr. Считаем, что разработанный метод оценки радиационного риска может быть реализуем на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению 137Cs с учетом

радиоэкологических условий, региональных особенностей изучаемой территории, референтных видов и показателей, которые имеют отклик на радиационное воздействие радионуклида.

Замечание: Учитывая значительную изменчивость удельного веса почв, для возможности сравнения уровня их радиоактивного загрязнения следовало бы оценивать этот параметр не только по удельной активности, а по плотности загрязнения, т.е. по величине на единицу площади.

Ответ: С замечанием согласны. Однако при анализе данных мы предполагаем, что удельный вес почвы не имеет большой вариабельности, т.к. отбор проводили на относительно небольшой по площади территории, почвы которой не отличаются по физико-химическим характеристикам, отбор почвы со всех локальных участков, пробоподготовка и последующий анализ осуществлялся одновременно. При этом отбор почвы производился специализированным пробоотборником, что обеспечивало одинаковый объем отбираемой почвы, а активность радионуклида пересчитывалась на массу почвы.

Замечание: Отмеченное автором широкое варьирование Кн ^{90}Sr раковинами моллюска в работе не нашло должного объяснения. Следовало бы провести хотя бы исследование содержания его химического аналога и конкурента, Са в растениях крапивы на исследуемых участках. При недостатке кальция происходит более активное замещение атомов Са атомами стронция. Хочу также заметить, что кустарниковая улитка питается не только растениями, но и мертвым органическим веществом (детритом), загрязнение которого существенно отличается от загрязнения крапивы. Это может влиять на правильность определения Кн ^{90}Sr моллюсками. Еще следовало бы, как мне кажется, кроме регрессионного применить другие виды статистического анализа, чтобы изучить зависимости данного параметра.

Ответ: Изучение изменения коэффициента накопления ^{90}Sr раковинами моллюска в зависимости от его удельной активности в крапиве на изучаемой территории было обусловлено следующим.

На основании данных исследований Зейферта Д.В. о количественных закономерностях питания и биоэнергетики наземных моллюсков установлено, что основной кормовой базой для моллюска F. fruticum является крапива двудомная. Известно, что в среднем за сутки особь моллюска потребляет в среднем 16.0 мг зеленой массы крапивы. Крапива на изучаемой территории является доминирующим видом. В свою очередь крапива является кальциефильным растением, что неоднократно отражается исследователями, например в работах Куровского А.В.

Согласны с замечанием оппонента, необходимо провести дополнительные исследования по содержанию кальция в растительности.

На этапе идентификации опасности в рамках изучения физико-химических свойств почв определено содержание обменного кальция, концентрация которого соответствует содержанию кальция в дерново-подзолистых почвах средней полосы РФ (2,5 мг*экв/100г). Учитывая кальциефильность крапивы можно ожидать, что недостатка кальция при поглощении его корнями из почвы не будет.

Что касается статистических методов анализа, перед регрессионным был проведен корелляционный анализ.

Замечание: Обнаруженная нелинейность изменения Кн ^{90}Sr раковинами моллюска при возрастании накопления радионуклида крапивой, как мне кажется, не может трактоваться как прямое подтверждение «пороговости» действия радиации на биоту

Ответ: При интерпретации полученной зависимости мы учитываем, что увеличение удельной активности радионуклида в организме моллюска приводит к увеличению дозовой нагрузки, что может нарушать функционирование биологического аппарата, гепатопанкреаса, который отвечает за включение кальция и стронция в раковины. Кроме того существует научные данные, представленные в работе Телитченко «Моллюски как концентраторы и биоиндикаторы радиоактивных загрязнений», где также отмечается уменьшение КН радиоизотопов, в том

числе и стронция, пресноводными моллюсками при возрастании аккумуляции радионуклидов моллюсками в условиях увеличения их концентрации в окружающей среде.

Что касается «пороговости», в качестве критической нагрузки применялась точка перегиба зависимости.

Замечание: Требует пояснения формула расчета индекса радиационного воздействия. А именно, смысл написания подиндексов при переменных уравнения.

Ответ: Возможно, следовало эту формулу представить отдельно для расчетов индекса для человека и для биоты, что было учтено при подготовке доклада

Председатель: В связи с отсутствие, по уважительной причине третьего оппонента - доктора биологических наук, старшего научного сотрудника Позолотиной Веры Николаевны, прошу отзыв огласить ученого секретаря.

Ученый секретарь: зачитала отзыв оппонента Позолотиной В.Н. (полностью), (Отзыв прилагается).

Председатель: Галина Владимировна, предоставляю Вам слово для ответа.

Диссертант: Выражаю слова благодарности глубокоуважаемой Вере Николаевне за положительный отзыв, а также за конструктивные и ценные замечания! Разрешите ответить на замечания.

Замечание: В качестве первого референтного показателя автор использует ферментативную активность микробоценозов, которая характеризует реакцию почв на загрязнение их ^{90}Sr. Значимые зависимости доза-эффект обнаружены только для каталазы.

В качестве замечания отмечу, что при таком способе оценки невозможно отделить ферменты микробиоты от ферментов, связанных с корневой системой растений, или образовавшихся при разложении органического вещества. Если разделения сделать невозможно, полученные данные трудно интерпретировать.

Ответ: С замечанием согласны. Однако отметим, что в работе применялись общепринятые методики для определения ферментативной активности почвы, в котрой как раз и депонируются ферменты, источником которых являются и корневая система, и ферменты микробиоты, и разложение органического вещества. Возможно, нами невполне корректно приведен заголовок раздела «5.2. Ферментативная активность микробоценозов», что послужило причиной этого замечания.

Замечание: Хотелось бы видеть в работе обоснование выбора ферментов. Очевиден только выбор каталазы, которая катализирует разложение перекиси водорода. При радиационном воздействии всегда повышается количество активных форм кислорода, прежде всего пероксида водорода. Уреаза осуществляет разложение мочевины, инвертаза катализирует гидролиз сазарозы, дегидрогеназа относится к классу оксидоредуктаз. Активность этих ферментов в значительной степени определяется количеством субстрата, а не облучением.

Ответ: С замечанием согласны. В объектах исследования следовало привести отдельно обоснование выбора референтов как отдельный раздел. При этом отмечаем, что в разделе работы «3.3.2 Определение ферментативной активности почв» приведено подробное описание пробоподготвки почвенных образцов для анализа и определение ферментативной активности, учитывая общепринятые методы. Где, в свою очередь, указывается, что активности ферментов определяются по количеству образовавшейся глюкозы, аммиака, трифенилформазана и кислород для инвертазы, уреаза, дегидрогеназы и каталазы, соответственно.

Так же стоит отметить, что выбор показателей ферментативной активности почв в качестве референтных обоснован, учитывая множество научных исследований, посвященных экологической диагностики почв посредством определения ферментативной активности почв. Соответсвующий анализ научных работ приведен при оценке полученных в диссертационном исследовании результатов в разделе 5.1 Ферментативная

активность микробоценозов. Здесь же приведены ссылки на исследования, в которых выявлено влияние радиационного облучение на изменение показателей ферментативной активности почвы.

Замечание: В качестве замечания и пожелания для дальнейшей работы отмечу, что в числе факторов, повышающих неопределенность оценки критической нагрузки референтных видов желательно учесть модифицирующее действие условий окружающей среды. Абиотические факторы (температура, осадки) сейчас демонстрируют экстремальные колебания и способны нарушать равновесие в биоценозах.

Ответ: В период с 2010 по 2014 годы проводилось изучение показателей и доминирующих видов на изучаемой территории, которые имеют отклик на радиационное воздействие, а также выявлялся ареал загрязнения и основной дозообразующий радионуклид. При этом каждый год отмечалась воспроизводимость экспериментальных зависимостей изменения референтных показателей в натурных условиях. Представленные в диссертации средние значения показателей относятся к отбору 2015 г.. При этом отбирались особи одной возрастной группы – половозрелые особи; учитывалась плотность популяции; абиотические факторы нивелируются ввиду небольшой площади экспериментальной площадки.

Замечание: Необходимо отметить неточность в использовании некоторых понятий. Термин «референтные показатели экосистемы» некорректен. В работе речь идет об отдельных компонентах экосистемы, необходимо называть вещи своими именами. Направление исследований по поиску референтных объектов (компонентов экосистем) очень важно и дает результаты, имеющие большое фундаментальное и прикладное значение. Попытки создать модели, прогнозирубщие реакцию экосистем на облучение, предпринимались неоднократно. Однако прогнозы оказались слишком неточны, причем отклонения были как в сторону завышения, так и занижения критических доз. Зачастую нарушения, вызванные изменением межвидовых биоценотических отношений, перекрывали действие

радиационного фактора. Поэтому, работая на экосистемном уровне, необходимо учитывать принцип эмерджентности: целое (экосистема) всегда больше суммы его частей и всегда имеет особые свойства, которых нет у составляющих компонентов, не объединенных системными связями.

Ответ: Согласны, что на этапе выявления референтных показателей применение выражения «референтный показатель экосистемы» не вполне адекватно. Однако на этапе оценки риска с учетом выявленных критических нагрузок на комплекс референтных показателей проводится оценка риска на экосистемном уровне с учетом показателя 95%-ой защищенности биоты. В этом случае, по нашему мнению, это выражение вполне уместно.

Председатель: Глубокоуважаемые члены диссертационного совета! Разрешите перейти к дискуссии. Прошу выступать

Доктор биологических наук Л.М. Рождественский

Уважаемые коллеги! Прежде всего, действительно, я хотел бы еще раз поздравить всех нас с тем, что начал работать диссертационный совет. Такой центр, как наш, не мог обойтись без своего диссертационного совета. Это первое.

Второе. Мне представилось, что очень интересная работа сегодня представлена. Но лично для себя, например, я вдруг обнаружил, что положение, которым я всегда пользовался, о котором и оппоненты говорили: что мерой всего является человек и если соответствующие условия радиационной нагрузки в окружающей среде, что называется, допустимы для человека, это значит и в отношении всех остальных объектов все обстоит благополучно. А вот здесь, действительно, чувствуется, что ситуация меняется и это очень интересно. Буду к этим работам присматриваться.

Мне интересно, такое сложное название этой работы выбрано диссертантом и его консультантом. Конечно, по-видимому, сказалось влияние известного радиобиолога профессора Сынзыныса. Меня особенно смущают эти критические нагрузки. Я бы для себя это расшифровал бы именно как пороговые значения соответсвующих показателей, которые я бы

тоже назвал биомаркерами. Это сейчас очень распространенное направление. Например, очень большой обзор по биомаркерам уже для эпидемиологических исследований для человеческой популяции. И эта работа в этом плане тоже примыкает к этому направлению, повторяю, активному нахождению и оценки различных биомаркеров.

Хотелось бы заметить и выразить некоторое недоумение, почему если речь идет о радиобиологическом обосновании, золотым стандартом является выживаемость. Почему нельзя было взять состояние популяции по оценке количества индивидуумов, приходящихся на какую-то единицу площади, и это было бы характеристикой влияния разных нагрузок.

И еще раз повторяю, что мне работа представляется очень интересной, важной и я еще, и еще раз буду изучать и автореферат, и соответствующие статьи.

Хочу диссертанта поздравить с хорошей работой. Спасибо!

Председатель: Спасибо! Коллеги, дискуссия не предполагает ответов. Кто еще хочет выступить? Пожалуйста.

Доктор биологических наук, профессор И.П. Коренков

Блестящая работа. Прекрасный доклад. Все положения, которые были, рассмотрены. Я хочу автору предложить на будущее провести работу, связанную с воздействием плутоний и америция. Это интересные вещи. Если вы продолжите, то это будет еще большее подтверждение референтного вида.

Спасибо!

Я, конечно, буду голосовать за и призываю членов диссертационного совета также одобрить эту работу.

Председатель: Спасибо! Еще, коллеги.

Доктор биологических наук В.Ю. Нугис

Ознакомившись с содержанием автореферата, а также прослушав содержание работы, спасибо Сергею Витальевичу за его краткость, должен сказать, что работа на меня произвела хорошее впечатление в научно-

практическом плане. Кроме того, я хочу подчеркнуть то, что говорила Наталья Константиновна и ряд оппонентов, что на самом деле потребовалось очень много физического труда, в буквальном и переносном смысле пришлось перелопатить много материала. Выделяю аналитические способности диссертанта, и ее упорство позволит продолжит ее ученую карьеру.

Поэтому, я, естественно, буду голосовать за присуждение искомой степени и к чему призываю и своих коллег. Спасибо!

Председатель: Спасибо! Коллеги, есть еще желающие?

Доктор медицинских наук, профессор А.А. Иванов

Уважаемые коллеги!

Действительно, мы прослушали очень содержательный и многосторонний доклад, который демонстрирует такой комплексный подход к решению проблемы. В отличие от оппонента профессора Мамихина, который сказал, что остановится исключительно на недостатках, я хотел бы остановиться на положительных моментах этой работы. Именно этот комплексный подход – это решающий подход, который необходим при решении проблем оценки экологических рисков. Я думаю, что он был бы еще более фундаментальным, если бы у Галины Владимировны был не один консультант, а два – еще консультант в области учения о моллюсках, так называемой малакологии. Именно те вопросы, которые возникли у меня и у Льва Михайловича Рождественского, это вопросы выживаемости, вопрос распределения животных по возрастным группам. Это явилось бы неким украшением, было бы решение именно на популяционном уровне этой проблемы.

Тем не менее, я доложен сказать, что когда говорят, что работа носит завершенный характер и относят это к большому достоинству работы, я бы хотел сказать, что раньше говорили, что докторская диссертация должна открывать новые направления в науке.

Мне кажется, что именно здесь, малакология радиационных исследований – это по сути дела принципиально новое направление для радиобиологии.

Но, например, и для космоса: уже в космос летают улитки, с начала этого столетия летает тихоходка, получают интересные данные.

В этой связи, мне кажется, что эта работа вносит определенный вклад в фундаментальные представления о жизнедеятельности моллюсков, об их радиочувствительности, исключительной радиочувствительности по данным, которые мы здесь заслушали.

Я, конечно, буду голосовать за присуждение Лаврентьевой Галине Владимировне ученой степени доктора биологических наук.

Спасибо за внимание!

Председатель: - дискуссия закончена, прошу соискателя выступить с заключительным словом.

Диссертант: Выражаю особую благодарность научному консультанту доктору биологических наук, профессору Сынзынысу Борису Ивановичу за поддержку в выполнении работы и идейное вдохновение.

Признательна кандидату технических наук О.А. Мирзеабасову за консультации по интерпретации и статистической обработке экспериментальных данных.

Я благодарю за методическую поддержку коллектив кафедры экологии ИАТЭ НИЯУ МИФИ и лично заведующую кафедрой доктора биологических наук А.А. Удалову.

Председатель: Предлагаю перейти к голосованию и избрать счетную комиссию.

Ученый секретарь: предлагаются кандидатуры для счетной комиссии: доктора биологических наук, профессора Коренкова Игоря Петровича (председатель), доктора биологических наук Нугиса Владимира Юрьевича, доктора биологических наук Соловьева Владимира Юрьевича.

Председатель: Уважаемые члены совета, я попрошу, если нет отводов, утвердить состав счетной комиссии. Кто за данный состав прошу проголосовать. За – 18 , Против – нет, Воздержавшихся- нет.

Принято единогласно.

Председатель: Прошу счетную комиссию раздать бюллетени для голосования.

Председатель: Прошу счетную комиссию подсчитать бюллетени и по итогам голосования составить протокол голосования, председателя счетной комиссии огласить итоги голосования.

Председатель: Уважаемые члены ученого совета, я прошу занять свои места, мы продолжаем работу, предоставляю слово председателю счетной комиссии, Игорю Петровичу Коренкову.

Председатель счетной комиссии: Доктор биологических наук, профессор И.П. Коренков:

Глубокоуважаемый председатель, глубокоуважаемые члены диссертационного совета, коллеги, вам представляются результаты протокола №6 заседания счетной комиссии, избранной диссертационным советом 68.1.003.01 (Д 462.001.04) от 21.10.2021 г.

Комиссия избрана для подсчета голосов при тайном голосовании по вопросу о присуждении Лаврентьевой Галине Владимировне ученой степени доктора биологических наук.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 24 человек на срок действия номенклатуры специальностей.

В состав диссертационного совета дополнительно введены 0 человек.

Присутствует на заседании 18 членов совета, в том числе докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации (1.5.1– «Радиобиология» биологические науки) - 10.

Роздано бюллетеней -18.

Осталось не розданных бюллетеней -6.

Оказалось в урне бюллетеней - 18.

Результаты голосования по вопросу о присуждении ученой степени доктора биологических наук Лаврентьевой Галине Владимировне:

За – 17,

Против – 1,

Недействительных бюллетеней – нет.

Председатель счетной комиссии - И.П. Коренков

Члены комиссии: А.Ю. Нугис, В.Ю. Соловьев.

Председатель: Прошу открытым голосованием, простым большинством голосов утвердить протокол счётной комиссии

За – 18, Против – нет, Воздержались – нет.

Принято единогласно.

Председатель: Протокол счетной комиссии утверждается единогласно

Галина Владимировна - поздравляю Вас с защитой докторской диссертации.

Председатель: Прошу ученого секретаря зачитать

«Заключение диссертационного совета»

Ученый секретарь: огласила «Заключение диссертационного совета по защите диссертации Лаврентьевой Г.В.»

Заключение диссертационного совета 68.1.003.01 (Д 462.001.04),

созданного на базе Федерального Государственного Бюджетного Учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна», по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

решение диссертационного совета от 21 октября 2021 № _6_

О присуждении Лаврентьевой Галине Владимировне, гражданке РФ, ученой степени доктора биологических наук.

Диссертация «Радиобиологическое обоснование метода оценки экологического риска по критическим нагрузкам» по специальности 1.5.1 – Радиобиология принята к защите 20.07.2021 года, протокол № 4 диссертационным советом Д 462.001.04, созданным на базе Федерального

Государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» (123182, г. Москва, ул. Живописная, 46; приказ №502/нк от 24.05.2017 г.).

Соискатель Лаврентьева Галина Владимировна, 24 июля 1983 года рождения, в 2005 г. окончила Обнинский государственный технический университет атомной энергетики по специальности «Экология». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата биологических наук «Поведение тяжелых металлов Co, Cu, Zn, Cd и радионуклидов ^{60}Co, ^{65}Zn в системе твердая фаза почв – почвенный раствор – растение» по специальностям 03.00.01 – Радиобиология и 03.00.16 – Экология защитила в 2008 году в диссертационном совете, созданном на базе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», с 2009 по 2014 гг. работала в должности доцента кафедры экологии Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», с 2014 г. по настоящее время Галина Владимировна работает на кафедре экологии и промышленной безопасности Калужского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» в должности доцента.

Диссертация выполнена на базе кафедры экологии и промышленной безопасности Калужского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» и кафедры экологии Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения

высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

Научный консультант – доктор биологических наук, профессор Сынзыныс Борис Иванович, профессор Отделения ядерной физики и технологий Обнинского института атомной энергетики – филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

Официальные оппоненты:

1. Панов Алексей Валерьевич, доктор биологических наук, профессор РАН, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» (г. Обнинск), главный научный сотрудник лаборатории математического моделирования и программно-информационного обеспечения;
2. Позолотина Вера Николаевна, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург) заведующая лабораторией популяционной радиобиологии;
3. Мамихин Сергей Витальевич, доктор биологических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (г. Москва), ведущий научный сотрудник кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-производственное объединение «Тайфун», г. Обнинск, в своем положительном отзыве, утвержденном директором ФГБУ «НПО Тайфун» кандидатом технических наук Косых Валерием Семеновичем,

подписанном доктором биологических наук, ведущим научным сотрудником ФГБУ «НПО Тайфун» Крышевым Александром Ивановичем указала, что диссертационная работа Лаврентьевой Галины Владимировны «Радиобиологическое обоснование метода оценки экологического риска по критическим нагрузкам», представленная на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.1 – Радиобиология, является законченной научно-квалификационной работой, которая вносит существенный вклад в решение крупной народнохозяйственной проблемы - обеспечение радиационной защиты биоты и экологической безопасности на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, а так же в развитие экоцентрической концепции радиационной защиты. Диссертация Лаврентьевой Г.В. соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждении ученых степеней» утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., (с изменениями Постановления Правительства РФ от 21 апреля 2016 г. № 335), а её автор – Лаврентьева Галина Владимировна – заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.1 – Радиобиология.

Соискатель имеет 145 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 106 работ, из них в 18 рецензируемых журналах входящих в базы цитирования ВАК, 1 работа в коллективной монографии, 6 публикаций входящих в базы цитирования Scopus и Web of Science, 2 свидетельства государственной регистрации программы для ЭВМ, авторский вклад составил 80% от общего объема публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях – 22,6 печатных листов.

1. Лаврентьева, Г.В. Сезонное изменение содержания ^{90}Sr в поверхностных и подземных водах района размещения хранилища радиоактивных отходов / Г.В. Лаврентьева, И.И. Силин, Г.В. Козьмин, А.Н. Васильева, Б.И. Сынзыныс, Ю.М. Глушков, О.А. Момот // Вода: химия и экология. – 2012. – №12. – С. 26 – 31.

2. Лаврентьева, Г.В. Технология оценки экологического риска для сухопутной экосистемы в условиях хронического радиоактивного загрязнения / Г.В. Лаврентьева, А.В. Бахвалов, Б.И. Сынзыныс, Р.Р. Муллаярова // Проблемы анализа риска. – Т.9. – 2012. – №5. – С. 30 – 43.

3. Шошина Р.Р. Биогеохимические показатели миграции техногенного радионуклида ^{90}Sr на биотопе регионального хранилища радиоактивных отходов / Р.Р. Шошина, Г.В. Лаврентьева, И.В. Гешель, Б.И. Сынзыныс // Ядерная физика и инжиниринг. – 2014. – Т. 5. – № 3. – С. 223 – 228.

4. Лаврентьева, Г.В. Загрязнение геосистем радиоактивным стронцием в районе размещения регионального хранилища радиоактивных отходов / Г.В. Лаврентьева, И.И. Силин, Б.И. Сынзыныс // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2015. – № 1. – С. 36–46.

5. Шошина, Р.Р. Применение концептуальной модели зональности хронического действия ионизирующей радиации при изучении поведения радиостронция в сухопутных экосистемах / Р.Р. Шошина, Г.В. Лаврентьева, Б.И. Сынзыныс // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2015. – № 2. – С. 143 – 148.

6. Лаврентьева, Г.В. Радиационный риск для населения в зоне влияния хранилища радиоактивных отходов / Г.В. Лаврентьева, М.Н. Каткова, Р.А. Сергулев, Л.В. Астахова // Безопасность в техносфере. – 2017. – №1. – С. 38 – 42.

7. Лаврентьева, Г.В. Мониторинг радиоактивного загрязнения почв в зоне воздействия регионального приповерхностного хранилища радиоактивных отходов в стадии вывода из эксплуатации / Г.В. Лаврентьева, О.А. Мирзеабасов, Б.И. Сынзыныс // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2017. – Т. 57. – №3. – С. 279 – 285.

8. Лаврентьева, Г.В. Оценка влияния ^{90}Sr на морфометрические показатели и уровень белков металлотионеинов в мягких тканях сухопутных моллюсков Bradybaena fruticum на биотопе регионального хранилища

радиоактивных отходов / Г.В. Лаврентьева, Р.Р. Шошина, О.А. Мирзеабасов, Б.И. Сынзыныс // Радиация и риск. – 2017. – Т. 26. – № 4. – С.110 – 114.

9. Лаврентьева, Г.В. Радиационный экологический риск для наземной экосистемы в зоне влияния хранилища радиоактивных отходов / Г.В. Лаврентьева, О.А. Мирзеабасов, Б.И. Сынзыныс, И.В. Гешель // Радиация и риск. – 2018. – Т.27. – №4. – С. 65 – 75.

10. Лаврентьева, Г.В. Сравнительная оценка радиационного воздействия на биоту и население в идентичных радиоэкологических условиях в зоне влияния хранилища радиоактивных отходов / Г.В. Лаврентьева, Б.И. Сынзыныс, О.А. Мирзеабасов // Радиация и риск. – 2019. – Т.28. – №4. – С. 129-136.

11. Лаврентьева, Г.В. Современные тенденции оценки радиационного экологического риска. Обзор / Г.В. Лаврентьева, Б.И. Сынзыныс // Радиация и риск. – 2020. – Т.29. – №2. – С. 128-138.

Публикации в международных изданиях:

1. Lavrentyeva, G.V. Ecological Risk Assessment for the Terrestrial Ecosystem under Chronic Radioactive Pollution / G.V. Lavrentyeva, O.A. Mirzeabasov, B.I. Synzynys // International Journal of Environmental Research. – 2014. –V. 8. – № 4. – P. 961 – 970. (Scopus, WoS);

2. Lavrentyeva, G.V. Characteristic of pollution with groundwater inflow ^{90}Sr natural waters and terrestrial ecosystems near a radioactive waste storage / G.V. Lavrentyeva // Journal of Environmental Radioactivity. – 2014. – V. 135. – P. 128 – 134. (Scopus, WoS);

3. Lavrentyeva, G. V. Geosystem Pollution by Radioactive Strontium near a Regional Radioactive Waste Repository / G.V. Lavrentyeva, I.I. Silin, B.I. Synzynys // Water Resources. – 2016. – V. 43. – № 7. – P. 948 – 956. (Scopus);

4. Lavrentyeva, G. Risk assessment for human health and terrestrial ecosystem under chronic radioactive pollution near regional radioactive wastes torage / G. Lavrentyeva, M. Katkova, R. Shoshina, B. Synzynys // Journal of Physics:

Conference Series. – 2017. – V. 784. – №1. Available from: http://iopscience.iop.org/issue/1742-6596/784/1 (Scopus);

5. Lavrentyeva, G.V. Assessment of radiation environmental risk for the terrestrial ecosystem / G.V. Lavrentyeva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 487. – 2019. Available from: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/487/1/012010/pdf (Scopus, WoS);

6. Lavrentyeva, G.V. Assessment of the radiation dose rate for a terrestrial mollusk during chronic Sr-90 irradiation / G.V. Lavrentyeva, A.E. Oorzhak, R.R. Shoshina, A.A. Oudalova, Yu.A. Kurachenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 487. – 2019. Available from: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/487/1/012012/pdf (Scopus, WoS).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Ведущей организации - Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-производственное объединение «Тайфун», замечания носят рекомендательный характер и не влияют на высокую оценку диссертационной работы;

Официального оппонента Панова Алексея Валерьевича, доктора биологических наук, профессора РАН, главного научного сотрудника лаборатории математического моделирования и программно-информационного обеспечения Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии». Вопросы и замечания носят рекомендательный характер и не умаляют достоинств диссертационной работы Лаврентьевой Г.В. Отмечено, что диссертация соискателя является законченной научно-квалификационной работой, которая вносит существенный вклад в решение крупной народнохозяйственной проблемы – обеспечение радиационной защиты биоты и экологической безопасности на радиоактивно загрязненных территориях;

Официального оппонента Позолотиной Веры Николаевны, доктора биологических наук, старшего научного сотрудника, заведующей лабораторией популяционной радиобиологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук.

Замечания, сделанные в отзыве, не умаляют значимости работы и не отражаются на выводах и основных положениях, выносимых на защиту. Отмечено, что диссертация соискателя является оригинальным законченным исследованием, выполненном на высоком профессиональном уровне; работа вносит существенный вклад в развитие экоцентрической концепции радиационной защиты, а также в методологию мониторинга и прогнозирования состояния биогеоценозов и их отдельных компонентов после радиоактивного загрязнения. Работа основана на большом массиве данных, написана хорошим научным языком;

Официального оппонента Мамихина Сергея Витальевича, доктора биологических наук, ведущего научного сотрудника кафедры радиоэкологии и экотоксикологии факультета почвоведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Приведенные замечания не снижают значение данной работы в целом. Отмечено, что работа построена на оригинальном экспериментальном материале, выполнена на высоком научном уровне с привлечением современных методов анализа и моделирования.

Получено 7 отзывов на автореферат:

1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского", подписанный профессором кафедры биологии и экологии, доктором биологических наук, заслуженный эколог страны Алексеем Борисовичем Стрельцовым, без замечаний;

2. ФГБУ Национальный медицинский исследовательский радиологический центр имени А.Ф. Цыба – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, подписанный заместителем директора по научной работе, Председателем РНКРЗ, главным редактором журнала «Радиация и риски», доктором технических наук, профессором, член-корреспондентом РАН Виктором Константиновичем Ивановым, без замечаний;

3. Институт радиобиологии и радиационной защиты НАО Медицинский институт Астана Министерства здравоохранения Республики Казахстан, подписанный заместителем директора, доктором биологических наук, профессором Мейратом Мухамедкаримовичем Бахтиным;

4. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет», подписанный доцентом кафедры агротехнологии, кандидатом биологических наук Натальей Викторовной Ляминой, имеется вопрос:

Автор неоднократно говорит об отсутствии единого критерия оценки безопасности биоты. При этом не приводит информацию о существующих критериях безопасности биоты. Существенна ли разница между критериями безопасности, применяемыми в российской и международной практике?

5. Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук», подписанный Ведущим научным сотрудником отдела радиоэкологии, доктором биологических наук, старшим научным сотрудником Алевтиной Григорьевной Кудяшевой, без замечаний;

6. Институт Биологии Национальной Академии наук Кыргызской Республики, подписанный заведующим лабораторией Биогеохимии и радиоэкологии, главным ученым секретарем НАН КР, доктором

биологических наук, профессором Бекмаматом Мурзакматовичем Дженбаевым, без замечаний;

7. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, подписанный главным научным сотрудником лаборатории физико-химических проблем радиобиологии и экологии, доктором химических наук, профессором Людмилой Николаевной Шишкиной, без замечаний.

Все отзывы на автореферат положительные, критических замечаний не содержат, в них подчеркивается целостность фундаментального научного исследования, обоснованные результаты которого имеют важное теоретическое и практическое народно-хозяйственное значение. Также отмечен высокий уровень выполнения диссертационного исследования, актуальность диссертационной работы, практическая значимость, научная новизна. В отзывах указано, что диссертация Лаврентьевой Г.В. является законченной научно-квалификационной работой, полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждении ученых степеней» утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., (с изменениями Постановления Правительства РФ от 21 апреля 2016 г. № 335), а её автор заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальности 1.5.1 – Радиобиология.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в области радиобиологии, направлением исследований по тематике диссертации, значительным количеством публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований разработаны:

Новый метод количественной оценки радиационного экологического риска, апробация которого на радиоактивно загрязненной территории

позволила установить неэквидозное облучение представителя биоты и человека в идентичных радиоэкологических условиях; оценить приемлемость радиационного риска для биоты при аварии на хранилище радиоактивных отходов; получить четыре новые радиобиологические закономерности в натурных условиях: радиационно-индуцированное изменение каталазной активности почвы, высоты раковины и уровня белков металлотионеинов в мягких тканях наземного моллюска при хроническом воздействии ^{90}Sr, а также степенное изменение коэффициента накопления радионуклида раковиной моллюска при увеличении его удельной активности в крапиве. Разработанный метод может внести существенный вклад в развитие технологий мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации её загрязнения, которые отнесены к критическим технологиям РФ согласно Указу Президента РФ № 899 от 7 июля 2011 г. «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации»;

Алгоритм дозиметрического расчета внешнего и внутреннего облучения наземного моллюска для различных геометрий приемника и источника излучения, позволивший установить достоверно радиационно-индуцированные эффекты в условиях хронического облучения ^{90}Sr у наземного моллюска; а также позволивший получить коэффициенты дозового преобразования для $^{90}Sr+^{90}Y$ для оценки мощности поглощенной дозы облучения моллюска с учетом всех источников облучения;

предложены:

Нетрадиционный подход оценки радиационного риска для биоты с применением критических нагрузок в качестве критерия радиационной безопасности, позволяющий исключить существующие неточности при оценке риска ввиду отсутствия в настоящее время единого критерия радиационной безопасности;

Оригинальное научное экспериментальное обоснование применения наземного моллюска *F. fruticum* M. в качестве референтного организма при оценке радиационного риска для наземной экосистемы, что вносит существенный вклад в развитие экоцентрической концепции радиационной защиты;

Оригинальная расчетная схема оценки дозовой нагрузки на наземного моллюска с учетом основных допущений, обоснованием параметров облучения моллюска и расчетами мощности поглощенной дозы облучения для моллюсков методом Монте-Карлов среде MNCP5, что вносит существенный вклад в решение дозиметрических задач, сформулированных МКРЗ для развития концепции радиационной безопасности биоты;

доказаны:

Перспективность использования разработанного метода оценки радиационного риска с учетом комплекса установленных референтных показателей;

Радиационно-индуцированные пороговые эффекты у наземного моллюска *F. fruticum* M. при воздействии малых доз облучения в натурных условиях от фоновых значений до 76 мГр/год, включая изменение морфологического показателя (высота раковины) и уровня белков-МТ;

Чувствительность показателя уровень белков-МТ в мягких телах наземных моллюсков при воздействии ионизирующего излучения при лабораторном облучении интактных групп моллюсков в диапазоне 0.1 Гр – 1 Гр;

Степенное изменение коэффициента накопления ^{90}Sr раковинами моллюсков в зависимости от удельной активности радионуклида в крапиве двудомной;

Чувствительность каталазной ферментативной активности почв к радиоактивному загрязнению ^{90}Sr, что обусловлено достоверным изменением каталазной активности в диапазоне содержания радионуклида в почве от 1.83±0.02 до 5203±89 Бк/кг;

Неэквидозное облучение человека и представителя биоты в идентичных радиоэкологических условиях: популяция наземного моллюска *F. fruticum* M., обитающего в условиях хронического облучения ^{90}Sr, подвержена наибольшему радиационному воздействию, чем человек, что указывает на необходимость дальнейшего обоснования экоцентрической концепции защиты окружающей среды в условиях повышенного радиационного фона;

Введен впервые термин «референтный показатель», изменение которого носит пороговый характер, а пороговое значение выступает в качестве критической нагрузки, что ранее не рассматривалось ни при оценках радиационных рисков, ни при развитии метода критических нагрузок.

Теоретическая значимость исследования обосновывается тем, что доказаны:

новые радиационно-индуцированные эффекты у наземного моллюска, изменение показателей накопления ^{90}Sr в компонентах наземной экосистемы, чувствительность каталазной активности почвы на основании выявленных пороговых зависимостей в условиях хронического облучения в натурных условиях, что вносит вклад в разработку более совершенных прогностических моделей радиационного воздействия на биоту;

адекватность разработанного метода оценки экологического радиационного риска, который позволяет выполнить количественную оценку влияния радиационного фактора на наземные экосистемы.

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс базовых методов исследования, включая экспериментальные методы (методы отбора и пробоподготовки почвы, воды, растительности, моллюсков; атомная эмиссия с индуктивно связанной плазмой; полупроводниковая γ-спектрометрии; сцинтилляционная спектрометрия β-излучения; облучение моллюсков на ɣ - установке ГУР – 120; метод мацерирования; радиохимический метод определение уровня белков-МТ в

мягких тканях моллюсков); методы оценки дозовой нагрузки на представителя биоты (расчетный метод формулами Р. Левинджера и Л.Д. Маринелли; интегрированный пакет ERICA Tool; метод Монте-Карло в программной среде MCNP5); статистическую обработку экспериментальных данных с применением программной среды R; ГИС-технологии с использованием программ ArcView, Surfer, MapInfo;

изложены этапы разработанного метода количественной оценки радиационного риска, включая 1) идентификацию опасности; 2) выявление референтных видов и показателей; 3) определение и анализ критических нагрузок на основе построения зависимостей «доза - эффект» в градиенте нагрузки; 4) оценку экологического риска по критическим нагрузкам и анализ функций риска; 5) анализ неопределенностей в оценке экологического риска;

в рамках аналитического исследования раскрыты множество существующих противоречий в области оценки экологических рисков, включая терминологический аспект, подходы к оценке и анализу риска, интерпретацию полученных оценок. Выявлено ряд недостатков и дискуссионных аспектов существующих методов оценки экологических радиационных рисков;

изучены закономерности миграции ^{90}Sr в компонентах наземной экосистемы;

особенности формирования радиоэкологической обстановки на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате разгерметизации емкости хранилища радиоактивных отходов, учитывая миграцию радионуклидов в грунтовыми и поверхностными водами;

зависимости «доза-эффект» при хроническом облучении ^{90}Sr наземного моллюска *F. fruticum* M. в диапазоне малых доз облучения;

влияние радиоактивного загрязнения почвы на ферментативную активность (каталазную, уреазную, инвертазную, дегидрогеназную).

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработан и внедрен метод

количественной оценки экологического радиационного риска. Решением тематического Научно-технического Совета №5 Госкорпорации «Росатом» от 27 ноября 2014 г. отмечено, что данные диссертационного исследования могут быть использованы при разработке программы реабилитации загрязненных ^{90}Sr почв на стадии вывода из эксплуатации радиационно-опасных объектов. Результаты диссертационного исследования учтены при разработке программы реабилитации загрязненных ^{90}Sr почв при выводе из эксплуатации хранилища радиоактивных отходов (г. Обнинск). Разработанный метод оценки риска, алгоритм дозиметрического расчета мощности дозы облучения наземного моллюска, а также созданный экспериментальный и теоретический базис радиационно-индуцированных эффектов внедрены в учебный процесс КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана и ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Значение полученных соискателем результатов исследования также определяется наличием свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ: «Экориск»: система анализа экологических данных, САМИР: система анализа миграции радионуклидов.

Открыто принципиально новое направление в радиобиологии.

Рекомендуем автору материалы по референтному виду для утверждения направить в Национальную Комиссию по Радиационной Защите России.

Определена перспектива применения полученных новых научных экспериментальных данных в области радиобиологии для расширения существующих баз данных о радиационных эффектах у представителей биоты и разработки более совершенных прогностических моделей радиационного воздействия на биоту.

Представлены научно обоснованные решения, которые вносят вклад в развитие существующих подходов к оценке радиационных экологических рисков, могут быть учтены при разработке отечественных и международных нормативных документов в области радиационной безопасности биоты.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

достоверность полученных результатов обеспечена использованием сертифицированного оборудования, современных средств измерений высокой точности, проведением большого количества экспериментов с достаточной воспроизводимостью;

полученные уникальные радиобиологические закономерности подтверждаются неоднократной воспроизводимостью результатов в натурных условиях, выполнен анализ изучаемых референтных показателей для 3.5 тыс. особей наземных моллюсков, 723 пробы растительности, 805 проб почвы за многолетний (2010 – 2017 гг.) период исследований;

статистическая обработка полученных данных проведена с заданной вероятностью, представительными выборочными совокупностями и необходимым количеством повторных исследований посредством современных пакетов статистического анализа (программная среда R);

выводы диссертации научно обоснованы и согласуются с современными радиобиологическими представлениями в области оценки радиационных рисков и в области изучения формирования радиационно-индуцированных эффектах у представителей биоты.

Личный вклад соискателя состоит в выполнении основного объема полевых и лабораторных исследований, осуществлении критического анализа существующих методов оценки экологических рисков и разработки нового решения задачи оценки радиационного риска на экосистемном уровне. Соискатель выполнял все этапы диссертационного исследования, включая формулирование цели, задач, положений и выводов, планирование и проведение исследований, статистический анализ и интерпретацию полученных экспериментальных данных. Соискателем подготовлены публикации в отечественные и международные профильные журналы, полученные результаты представлены на конференциях регионального, всероссийского и международного уровней. Результаты исследования получены при выполнении государственных контрактов и грантов под руководством соискателя, включая Государственный контракт в рамках ФЦП

«Научные и научно-педагогические кадры инновационной России»; Государственный контракт с Госкорпорацией «Росатом»; Грант Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых; Грант РФФИ. Под руководством соискателя защищена одна кандидатская работа.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний.

На заседании 21 октября 2021 г. диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как решение крупной научной проблемы, имеющей важное народнохозяйственное решение задачи в области радиобиологии - разработан метод количественной оценки радиационного риска при радиоактивном загрязнении наземной экосистемы, - обеспечение радиационной защиты биоты и экологической безопасности на радиоактивно загрязненных территориях и в развитие технологий мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации её загрязнения, которые отнесены к критическим технологиям РФ согласно Указу Президента РФ № 899 от 7 июля 2011 г. «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации», – присудить Лаврентьевой Галине Владимировне ученую степень доктора биологических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 10 докторов наук по специальности 1.5.1 – Радиобиология (биологические науки), участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали за 17, против 1, недействительных бюллетеней нет.

Подписи: Председатель диссертационного совета - Самойлов Александр Сергеевич, Ученый секретарь диссертационного совета - Шандала Наталия Константиновна, 21.10.2021 г.

Председатель: прошу путем открытого голосования принять данное заключение. Если у кого-то есть правки, подайте их в рабочем порядке.

Есть предложение принять заключение с учетом редакционных изменений. Кто за это предложение, прошу членов диссертационного совета голосовать.

За – 18 , Против – нет, Воздержались – нет

Заключение диссертационного совета принимается - единогласно

Председатель: На этом, заседание диссертационного совета по защите диссертации Лаврентьевой Галины Владимировны прошу считать закрытым.

Председатель заседания
диссертационного совета 68.1.003.01 (Д 462.001.04),
доктор медицинских наук, профессор,
член-корреспондент РАН Самойлов Александр Сергеевич

Ученый секретарь
диссертационного совета 68.1.003.01 (Д 462.001.04),
доктор медицинских наук Шандала Наталия Константиновна

21 октября 2021 года

Исполнитель: Попова Е.В. т. 8-916-828-33-41