

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора биологических наук, профессора Степаненко Валерия Фёдоровича на диссертационную работу Снегирева Алексея Сергеевича на тему: **«Радиоактивные частицы в пищевой цепочке жвачных сельскохозяйственных животных: транспорт в пищеварительном тракте и метаболизм радионуклидов на примере ^{131}I »**, представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1. Радиобиология

Актуальность темы диссертационной работы.

С началом атомной эпохи радиоактивные частицы (РЧ) техногенного происхождения стали типичным дополнительным экологическим компонентом окружающей среды. Образование РЧ происходило и происходит при ядерных испытаниях, вследствие радиологических аварий, радиоактивных выбросов и сбросов предприятий атомной промышленности, а также объектов производства сырья и материалов с повышенным содержанием естественных радионуклидов. Между тем, как подчеркивается в техническом документе МАГАТЭ (IAEA-TECDOC-1663, 2011) при радиобиологических и дозиметрических оценках радиоактивного загрязнения окружающей среды в значительной степени игнорировались существенные различия в переносе и биодоступности радионуклидов, связанных с частицами, по сравнению с радионуклидами, существующими в свободной форме, а большинство исследований транспорта радионуклидов относились только к их растворимым формам. Отмечается, что учет различных, менее подвижных форм, или же наложения различных физико-химических форм, влияющих на транспорт радионуклидов, требуют дополнительных исследований при анализе информации о состоянии окружающей среды и поведении радиоактивных частиц.

Поэтому диссертационная работа Снегирёва Алексея Сергеевича, посвященная изучению и анализу закономерностей поведения полидисперсных радиоактивных частиц в пищевой цепочке жвачных сельскохозяйственных животных, несомненно, является актуальной.

Цель диссертационного исследования состояла в разработке камерных математических моделей транспорта радиоактивных частиц в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) крупного рогатого скота и овец, с последующим анализом закономерностей транспорта частиц разных размеров в ЖКТ животных, а также в построении модели метаболизма радионуклидов, входящих в состав частиц, на примере ^{131}I . Для реализации этой цели, в основу разработанных математических моделей транспорта РЧ в ЖКТ животных был положен уникальный экспериментальный материал, полученный ВНИИРАЭ и институтами соисполнителями в исследованиях проблемам устойчивого ведения животноводства в условиях радиоактивного загрязнения внешней среды локальными выпадениями наземного ядерного взрыва. В задаче моделирования метаболизма ^{131}I у крупного рогатого скота использованы также данные экспериментов Опытной научно-исследовательской станции ПО «Маяк» и 2-го Государственного центрального научно-исследовательского испытательного полигона (Семипалатинский полигон).

Обоснованность, достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, их новизна и практическая значимость.

Обоснованность результатов диссертационной работы обусловлена использованием исходных экспериментальных данных, включающих доступную информацию научных отчетов ФГБНУ ВНИИРАЭ, прошедших экспертную оценку. В частности, в полевых экспериментах на крупном рогатом скоте спектрометрию РЧ пяти фракций в биологических образцах выполняли с помощью аппаратно-методической базы ядерно-физических измерений на установке «TRIDAC-C» (Франция) с полупроводниковым Ge(Li) детектором объемом 21 см³. Достоверность математического моделирования оценивалась на основе сравнительного анализа расчётных и экспериментальных данных с использованием современных статистических критериев согласия и программных средств (пакета программ PTC Mathcad Prime). Основные результаты исследований были вынесены на обсуждение ряда конференций и получили высокую оценку.

Выводы диссертационной работы имеют научную новизну, а ее результаты вносят значимый вклад в изучение фундаментальных закономерностей острого и хронического радиационного поражения сельскохозяйственных животных инкорпорированными радиоактивными частицами. Разработанные математические модели могут использоваться в практических задачах, касающихся вопросов оперативного реагирования и повышения устойчивости животноводства в условиях радиоактивного загрязнения окружающей среды, а также для принятия решений относительно противорадиационных мероприятий в животноводстве в острый период аварий реакторного типа. Получено 2 свидетельства с Государственной регистрацией программ для ЭВМ.

Соискатель ученой степени тщательно ссылается на источники данных, примененных для построения математических моделей транспорта РЧ. При использовании в диссертации результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени лично и или в соавторстве, соискатель отмечает в диссертации эти обстоятельства со всеми необходимыми ссылками.

Содержание работы в достаточной степени освещено в научных публикациях с участием автора диссертационной работы. Полученные в диссертационной работе результаты отражены в 14 научных работах, включая 5 статей, опубликованных в изданиях, индексируемых в базах данных WoS и/или Scopus и рекомендованных ВАК РФ. Результаты исследования представлены на 16 международных, всероссийских и региональных конференциях.

Материалы диссертации и публикаций содержат необходимую информацию, подтверждающую правомочность выводов и положений, выносимых на защиту. Работа выполнена в рамках проекта МАГАТЭ по контракту 17988 «Effects of Radioactive Particles on Radionuclide Transfer and Dose Forming in Plants and Animals». Автореферат и диссертация оформлены в соответствии с требованиями ВАК России и написаны грамотным литературным языком.

Оценка содержания работы и ее завершенности.

Для реализации цели исследования были поставлены логически взаимосвязанные задачи, решение которых представлено в соответствующих разделах диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов и списка используемых источников. Работа изложена на 134 страницах машинописного текста., содержит 34

рисунка, 22 таблицы. Список литературы включает в себя 121 источник, из них 55 - на иностранном языке.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и задачи, научная новизна и практическая значимость исследования.

В главе «Обзор литературы» приведены характеристики исследуемых радиоактивных частиц и проведен анализ особенностей различных математических моделей транспорта РЧ в ЖКТ и метаболизма ¹³¹I. Показано, что для описания процессов метаболизма радионуклидов, начиная с их резорбции в кровяное русло, могут быть использованы камерные модели для сценария радиоактивного загрязнения аэрозолями конденсационного типа. Эти математические модели метаболизма можно условно разделить на две большие группы. В первую группу входят модели, построенные на основе результатов исследований закономерностей метаболизма и обоснования переноса изотопов между функционально связанными органами и тканями. Вторая группа моделей детально рассматривает процессы метаболизма лишь в «критических» органах и тканях, отличающихся максимальной способностью депонирования радионуклидов (в нашем случае в щитовидной железе и вымени). Исследования автора были сосредоточены на разработках моделей, относящихся к первой группе.

Глава 2 «Материалы и методы» посвящена представлению исходных источников экспериментальной информации и методик анализа экспериментальных результатов опытов на основе использования математического камерного анализа.

В главе 3 «Поведение радиоактивных частиц в луговом биоценозе и пищеварительном тракте крупного рогатого скота» представлены описание и результаты анализа динамики содержания РЧ в биомассе пастбищной растительности после аэрального нанесения РЧ, характеристик перорального поступления РЧ в ЖКТ нетелей после экспериментального выпаса, динамики содержания РЧ разных фракций в отделах ЖКТ и выведения полидисперсных частиц из ЖКТ нетелей и быков. Следует отметить, что представление собственно табличных исходных экспериментальных материалов не в главе «Материалы и методы», а в главе 3, оказалось вполне уместным для удобства анализа закономерностей транспорта частиц разных размеров в ЖКТ животных.

Результаты, приведенные в главе 3, свидетельствуют о том, что поведение радиоактивных частиц в пищевой цепочке крупного рогатого скота существенно зависит от размеров частиц в связи с различиями величины удержания луговыми растениями частиц разных размеров, сепарацией частиц по размерам в рубце-сетке, гравитационным оседанием частиц в жидком содержимом и депонированием в отделах с морфологической структурой слизистой оболочки, способствующей замедлению транспорта и удержанию частиц (фундальная ворсинчатая поверхность вентрального мешка рубца, ячеистая стенка сетки и складчатая слизистая оболочка сычуга).

Показано, что функция выведения РЧ из организма быков полуторогодовалого возраста может быть представлена в виде суммы экспонент с двумя периодами полувыведения, существенно зависящими от размеров частиц. При этом среднее время пребывания РЧ в ЖКТ животных увеличивается с 4-х до 15 суток для частиц с размерами до 80 и 400-800 мкм соответственно. Оценена нижняя граница размеров силикатных частиц (~20-25 мкм), перемещение которых в ЖКТ крупного рогатого скота аналогично транспорту конденсационных форм выпадений при аварийных выбросах на АЭС.

Здесь следует отметить, что очень важным результатом экспериментальных исследований, взятых автором за основу исследований, явилось обнаружение локализации РЧ в вентральной части 4-х камерного желудка, на что указывали результаты внешней дозиметрии тела животных и спектрометрический анализ стенки дна вентрального мешка рубца.

Характеристика динамики формирования источника внутреннего облучения ЖКТ инкорпорированными РЧ была получена на основе математического камерного анализа и представлена в главе 4 «Модели транспорта полидисперсных радиоактивных частиц в пищеварительном тракте жвачных сельскохозяйственных животных». Для построения математических моделей транспорта РЧ были выделены отделы ЖКТ крупного рогатого скота и овец, моторика которых определяет двигательную функцию аппарата пищеварения, а также отделы, где происходит замедление движения РЧ, их концентрирование и депонирование. Показано, что транспорт РЧ удовлетворительно описывается камерной моделью с депо фиксации в отделах, отличающихся минимальным содержанием сухого вещества: в рубце-сетке у крупного рогатого скота и в сычуге у овец. Величина депонирования РЧ на фундальной поверхности вентрального мешка рубца и сетки нетелей растёт с увеличением размера РЧ от 10–15% для мелких фракций (до 100 мкм) до 25 – 35% для крупных фракций (100-800 мкм). У овец максимальное депонирование РЧ с размерами 80-160 мкм характерно для фундальной поверхности сычуга. Медленное выведение частиц из депо фиксации обуславливает их длительную задержку и является причиной очагового радиационного язвенного поражения слизистой оболочки.

Радиационная опасность загрязнения радиоактивными частицами окружающей среды для человека и биоты определяется радионуклидами, входящими в состав частиц. Для продуктов ядерного деления особого внимания заслуживают радиоактивные изотопы йода, определяющие радиационную обстановку в острый период ядерного инцидента, часто называемым периодом йодной опасности. В главе 5 «Моделирование метаболизма ^{131}I в организме животных при его поступлении в виде радиоактивных частиц» представлена разработанная автором диссертационной работы камерная модель метаболизма ^{131}I , позволяющая проводить оценку содержания радиойода в щитовидной железе и суточном удое молока при однократном пероральном поступлении радионуклидов в виде частиц, растворимых форм выпадений, а также при внутривенном введении радиоактивного изотопа. На примере пастбищного содержания дойных коров в зоне следа экскавационного ядерного взрыва, произведённого на Семипалатинском ядерном полигоне, показана возможность применения разработанной модели для условий стойлово-выгульного содержания животных. В рамках отдельной задачи использование камерной модели метаболизма радиойода позволило оценить величину поглощённой дозы в щитовидной железе телят, вызывающую деструкцию паренхиматозной ткани, составившую ~330 Гр.

Особо следует отметить, что соискатель в заключительной части формулирует перспективные направления дальнейших исследований с использованием результатов, полученных в представленной на защиту диссертационной работе.

Выводы диссертационного исследования логично и в полной мере следуют из представленных материалов исследования.

Замечания и пожелания.

1. В диссертационной работе представлены разработанные модели транспорта полидисперсных радиоактивных частиц в пищеварительном тракте жвачных сельскохозяйственных животных. Трудно отделаться от впечатления, что соискателю остался всего лишь только один шаг для проведения оценок величин накопленных поглощенных доз внутреннего облучения ЖКТ жвачных сельскохозяйственных животных, что сделало бы работу более завершённой.

Судя по заключению, автор обозначил такого рода намерение для будущей работы. Учитывая это, хотелось бы пожелать соискателю сосредоточиться на данном направлении в первую очередь в своей дальнейшей работе, что может иметь большое практическое значение для дозиметрической оценки степени радиационного язвенно-некротического поражения локальных очагов слизистой оболочки ЖКТ.

2. Хотелось бы также пожелать соискателю в своей будущей работе уделить внимание исследованиям особенностям микрораспределения поглощенной дозы в непосредственной близости от депонированных РЧ. Локальные поглощенные дозы на микроуровне, в зависимости от состава, энергии и интенсивности ионизирующего излучения исследуемых радионуклидов, могут многократно превышать усредненные по объёму тканей или органов поглощенные дозы, что важно для адекватной интерпретации наблюдаемых радиобиологических эффектов.

3. К сожалению, автор не рассматривает в обзоре литературы такую компоненту внутреннего облучения после атмосферных ядерных взрывов, как вклад от внутреннего облучения радионуклидами, образовавшимися в результате нейтронной активации частиц, входящих в состав пылевого облака, возникающего после атомной бомбардировки. Этому вопросу уделяется в настоящее время значительное внимание в современной мировой литературе - например, в отношении интерпретации радиобиологических эффектов, имевших место после атомной бомбардировки силами ВВС США городов Хиросимы и Нагасаки в августе 1945.

4. Обращает на себя внимание недостаточно отработанный вывод № 3 диссертации. На рис. 3 автореферата представлены трёхкамерная модель с депо фиксации и резервуаром выведения для ЖКТ крупного рогатого скота и четырёхкамерная модель с депо фиксации и резервуаром выведения для ЖКТ овец. В то же время в выводе 3 фигурирует только трёхкамерная модель ЖКТ с депо фиксации для всех видов экспериментальных животных. В диссертации, в таблице 13 («Распределение РЧ разных фракций в кишечнике нетелей в зависимости от времени, прошедшего после экспериментального выпаса») представлены данные для тонкого отдела кишечника. Хотелось бы узнать по какой причине автору не удалась разработка четырёхкамерной модели с депо фиксации и резервуаром выведения для ЖКТ крупного рогатого скота.

Сделанные замечания и пожелания не являются принципиальными и по своему характеру не умаляют актуальности, научной новизны теоретической и практической значимости диссертационной работы, обоснованности ее выводов и положений.

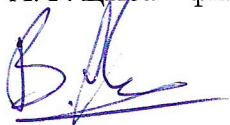
Заключение.

Диссертационная работа Снегирева Алексея Сергеевича «Радиоактивные частицы в пищевой цепочке жвачных сельскохозяйственных животных: транспорт в пищеварительном тракте и метаболизм радионуклидов на примере ^{131}I » на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1. – «Радиобиология» является законченной научной квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором исследований с использованием современной программно-вычислительной базы, разработан оригинальный комплекс математических моделей, описывающий поведение радиоактивных частиц в пищевой цепочке жвачных сельскохозяйственных животных. Работа имеет фундаментальное и прикладное значение для современной радиобиологии и радиэкологии. Выполненные автором научные исследования обладают несомненной теоретической и практической значимостью в приложении к задачам оперативного реагирования и повышения устойчивости животноводства в условиях радиоактивного загрязнения окружающей среды, а также для принятия решений относительно противорадиационных мероприятий в животноводстве в острый период аварий реакторного типа.

По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости диссертационная работа А.С. Снегирева, несомненно, отвечает критериям пунктов 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции от 26.09.2022), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а ее автор Снегирев Алексей Сергеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1. Радиобиология.

Официальный оппонент:

Доктор биологических наук, профессор,
заведующий лабораторией медико-экологической дозиметрии и радиационной безопасности МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России



Степаненко В.Ф.

13. 01. 2023.

Степаненко Валерий Федорович,

Тел.: +7 (910) 547 20 62

Email: valerifs@yahoo.com

249036 г. Обнинск, Калужской области, ул. Королева 4,

Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба-

Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения

«Национальный медицинский исследовательский центр радиологии»

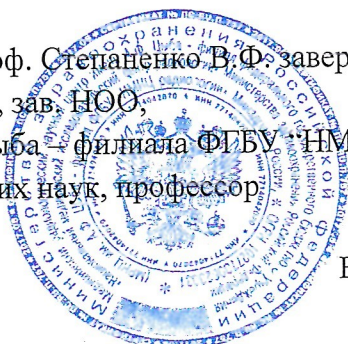
Министерства здравоохранения Российской Федерации

Подпись д.б.н., проф. Степаненко В.Ф. заверяю,

Ученый Секретарь, зав. НОО,

МРНЦ им. А.Ф. Цыба – филиала ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России

Доктор медицинских наук, профессор



Владимир Александрович Петров