



Министерство сельского хозяйства РФ  
Департамент ветеринарии  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ, РАДИАЦИОННОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ» (ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ»)

420075, г. Казань, Научный городок-2 тел. (843) 239-53-20, 239-53-11 тел./факс: (843) 239-71-73, 239-71-33. e-mail: [vnivi@mail.ru](mailto:vnivi@mail.ru), <http://www.vnivi.ru>, ИНН – 1660022161, КПП – 166001001

№ 44

«23» января 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Врио директора ФГБНУ «ФЦТРБ - ВНИВИ»



Ж.Р. Насыбуллина

«23» января 2023 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1 – Радиобиология Снегирева Алексея Сергеевича на тему «Радиоактивные частицы в пищевой цепочке жвачных сельскохозяйственных животных: транспорт в пищеварительном тракте и метаболизм радионуклидов на примере  $^{131}\text{I}$ », представленную в диссертационный совет 24.1.013.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»

Диссертационная работа Снегирева А.С. изложена на 134 страницах, содержит 34 рисунка, 22 таблицы. Список литературы включает в себя 121 источник, из них 55 на иностранном языке. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов и списка используемых источников.

**Актуальность темы исследования.** Сравнительно недолгий период использования атомной энергии в военных и мирных целях насчитывает не один десяток случаев неконтролируемого поступления во внешнюю среду больших количеств радиоактивных веществ в различных физико-химических формах и загрязнения обширных территорий. В составе радиоактивных выпадений наряду с растворимой конденсационной формой выпадений,



представляющей собой продукты конденсации легколетучих радионуклидов, также могут присутствовать труднорастворимые «горячие» радиоактивные частицы разной дисперсности, например, такие как топливные частицы урано-графитовой смеси в случае тяжелых аварий реакторного типа (аварии на Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима-1), частицы локальных выпадений наземного ядерного взрыва, высокоактивные частицы руды, содержащие тяжелые естественные радионуклиды, в районах разработки урановых месторождений. Радиоактивное загрязнение внешней среды в районах ведения животноводства обуславливает внешнее облучение, а также внутреннее радиационное воздействие вследствие потребления загрязненных кормов и луговых растений при пастбищном содержании животных. При этом наряду с острой лучевой болезнью возможно радиационное поражение пищеварительного тракта животных инкорпорированными радиоактивными частицами (РЧ) различного происхождения. Поведение РЧ в пищевой цепочке и транспорт в желудочно-кишечном тракте жвачных сельскохозяйственных животных существенно отличаются от закономерностей миграции радионуклидов в растворимых выпадениях конденсационного типа (Анненков, 1980, 2010, Бударков, 1986, Kozmin et al., 2020). Желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) служит основным критическим органом внутреннего облучения организма радиоактивными частицами. Однако сведениям о радиационных поражениях ЖКТ «горячими» РЧ, средствах и способах терапии этой формы лучевой патологии до сих пор уделяется недостаточно внимания (Бударков и др., 2021).

Актуальность диссертационной работы А.С. Снегирева сомнений не вызывает. Цель работы диссертанта состояла в изучении закономерностей поведения полидисперсных радиоактивных частиц в пищевой цепочке, разработке камерных моделей транспорта радиоактивных частиц в ЖКТ крупного рогатого скота и овец, а также модели метаболизма радионуклидов, входящих в состав частиц, на примере  $^{131}\text{I}$ .

В диссертационной работе А.С. Снегирева основное внимание уделяется вопросу формирования источника внутреннего облучения крупного рогатого скота и овец на основе математического моделирования транспорта полидисперсных радиоактивных частиц в ЖКТ животных. Полученные камерные модели ЖКТ были использованы для разработки унифицированной модели метаболизма радионуклидов на примере  $^{131}\text{I}$  для перорального поступления радионуклидов в составе частиц и/или в растворимых конденсационных формах выпадений, а также при внутривенном введении радионуклида. Выбор  $^{131}\text{I}$  был обусловлен главенствующей ролью этого радионуклида среди других продуктов ядерного деления в плане радиационной опасности в острый период радиационной аварии реакторного происхождения, биологическое действие которого на сельскохозяйственных животных и птицу было изучено в многочисленных работах ВНИВИ под руководством крупного отечественного радиобиолога В.А. Киршина.

Изучение закономерностей поведения радиоактивных частиц различного происхождения в природной среде является актуальным



направлением радиоэкологических исследований. При этом, как справедливо отмечено в главе 1 «Обзор литературы», вопросы моделирования поведения в пищевых цепочках сельскохозяйственных животных радиоактивных частиц в современной научной литературе освещены крайне скудно. В то же время отечественная сельскохозяйственная радиология в лице ВНИИРАЭ располагает экспериментальными материалами, представленными в главе 2 «Материалы и методы исследования», позволяющими решить данную задачу.

В главе 3 «Поведение радиоактивных частиц в луговом биоценозе и пищеварительном тракте крупного рогатого скота» установлено, что поведение радиоактивных частиц в пищевой цепочке крупного рогатого скота и овец определяется их удержанием луговыми растениями и характером стравливания, зависящими от размеров радиоактивных частиц, сепарацией по размерам в рубце и сетке, гравитационным осаждением в жидком содержимом, морфологией отдельных участков ЖКТ. На основе сравнительного анализа параметров прохождения в ЖКТ животных радиоактивных частиц и кормовых масс по результатам диссертационного исследования и данных зарубежных авторов сделан важный вывод о примерно одинаковом транспорте в ЖКТ конденсационных форм растворимых выпадений АЭС и силикатных частиц с размерами 20-25 мкм.

В главе 4 «Модели транспорта полидисперсных радиоактивных частиц в пищеварительном тракте жвачных сельскохозяйственных животных» диссертантом представлено обоснование структуры камерных моделей и получены кинетические параметры транспорта силикатных радиоактивных частиц в ЖКТ крупного рогатого скота и овец, периоды полувыведения из организма нетелей мелких и крупных фракций РЧ. Установлены параметры формирования источников облучения ЖКТ в очагах язвенного поражения слизистой оболочки. Показано, что причиной формирования очагов радиационного язвенного поражения являются гравитационное оседание РЧ в содержимом отделов ЖКТ с низким содержанием сухого вещества (менее 7%), длительное задерживание частиц в депо фиксации от 10 до 15 % РЧ мелких фракций (до 100 мкм) и до 20-25 % крупных фракций РЧ (от 100 до 800 мкм) на фундальной поверхности вентрального мешка рубца и в сетке у крупного рогатого скота, а также на фундальной поверхности в не расправляющихся складках слизистой оболочки сычуга у овец. Возможность локализации и длительного пребывания (более 2 месяцев) РЧ в областях формирования язвенных поражений подтверждается экспериментальными данными (Salbu, 1995), согласно которым у коз, обладающих подобным пищеварительным трактом, топливные радиоактивные частицы Чернобыльского происхождения были зарегистрированы в ворсинках фундальной поверхности рубца через 3,5 месяца после поступления РЧ в ЖКТ животных с кормом. Установлено, что не депонированные в областях локализации РЧ перемещаются в ЖКТ значительно медленнее, чем частицы непереваренного корма. Периоды полувыведения не депонированных РЧ из ЖКТ нетелей составили от 130 до



145 часов для фракций РЧ 100-800 мкм, от 78 до 90 часов для фракций РЧ с размерами менее 100 мкм, а для непереваренных частиц корма лишь 32 часа.

Камерная модель метаболизма  $^{131}\text{I}$  для оценки радиоактивного загрязнения молока, а также дозиметрических характеристик облучения щитовидной железы животных, представленная в главе 5 «**Моделирование метаболизма  $^{131}\text{I}$  в организме животных при его поступлении в виде радиоактивных частиц**» удовлетворительно описывает результаты экспериментов, полученных для однократного, многократного и пастбищного сценариев перорального поступления радиоактивных изотопов йода.

**Высокая степень обоснованности научных положений и выводов диссертации** определяется следующими факторами:

1. В качестве исходных экспериментальных данных по изучению закономерностей поведения полидисперсных радиоактивных силикатных частиц в луговом биоценозе и в пищевой цепочке крупного рогатого скота приняты результаты специальных полевых исследований, выполненных на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа (Тер-Сааков, Федоров, Пристер и др., 1975) по оборонной тематике с участием научного руководителя соискателя.
2. В исследовании использованы результаты научно-хозяйственных опытов на животных (пять нетелей в возрасте 2,5 года живой массой от 475 до 595 кг; пять полутораговых быков живой массой от 344 до 420 кг; 29 овец породы прекос и меринос возрастом 2–4 года живой массой от 20 до 40 кг; 3 коровы в возрасте 4-5 лет живой массой 380 - 520 кг и удоем 6,5 – 9,5 л молока в сутки).
3. Моделирование метаболизма  $^{131}\text{I}$  при пастбищном содержании с использованием биокинетических параметров, полученных для однократного поступления радионуклидов, выполняли на примере оценки поступления  $^{131}\text{I}$  в молоко коров при пастбищном содержании животных в зоне локальных выпадений ядерного взрыва на Семипалатинском полигоне, произведенного 14.10.1965 г. (Мирные ядерные взрывы, 2001).
4. Для описания динамики содержания  $^{131}\text{I}$  в щитовидной железе и оценки поглощенной дозы, вызывающей разрушение ее паренхиматозной ткани были использованы экспериментальные данные (Спирин и др., 2004), полученные на молодняке крупного рогатого скота, и прецизионная дозиметрическая воксельная модель щитовидной железы (Денисова и др., 2018).

**Достоверность и новизна выводов и результатов исследований, полученных при выполнении диссертации, а также их значимость для развития радиобиологии.**



Результаты исследований, ставшие основой рецензируемой работы, получены с применением современного метода математического моделирования – компарментального анализа, основанного на представлении определенных органов и тканей организма животных в виде отдельных камер, функционально связанных между собой и внешней средой транспортными коммуникациями и предполагающими перенос радиоактивных частиц (РЧ) и радионуклидов с кинетикой первого порядка. Достоверность результатов определялась на основе сравнительного анализа расчетных и экспериментальных данных с использованием современных статистических критериев и программных средств (пакета программ РТС Mathcad Prime).

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

**Полученные результаты вносят вклад в изучение фундаментальных закономерностей острого и хронического радиационного поражения сельскохозяйственных животных инкорпорированными радиоактивными частицами – наименее изученных вопросов в области ветеринарной радиобиологии.**

**Разработанные математические модели могут использоваться в ряде практических задач, касающихся вопросов оперативного реагирования и повышения устойчивости животноводства в условиях радиоактивного загрязнения окружающей среды, а также в радиобиологии и ветеринарной медицине (диагностика с использованием радиоактивных изотопов йода, терапия радиационного гастроэнтероколита).**

Результаты диссертационного исследования с участием автора реализованы в виде двух программных продукта: получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ №2020615496 «Модель динамики полидисперсных радиоактивных частиц в желудочно-кишечном тракте крупного рогатого скота» и № 2020617197 «Модель динамики мощности поглощенной дозы в отделах желудочно-кишечного тракта крупного рогатого скота при поступлении оплавленных радиоактивных частиц» (правообладатель – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»).

**Апробация работы.** Результаты исследования отражены в пяти работах, опубликованных в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК и/или индексируемых в международных базах данных (Scopus), и представлены на 16 международных, всероссийских и региональных конференциях, в том числе: Международная (Региональная) научная конференция «Техногенные системы и экологический риск» (Обнинск, 2017, 2018, 2020, 2021); Научно-практическая конференция с международным участием «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность» (Севастополь, 2017, 2019); VII международная научно-практическая конференция «Научные исследования в области сельскохозяйственных наук» (Саратов, 2018); III International Symposium on «Physics, Engineering and



Technologies for Biomedicine» (Moscow, 2018); 1st International Conference «Nuclear and Radiation Technologies in Medicine, Industry and Agriculture» (Almaty, 2019); Международная молодежная конференция «Современные проблемы радиобиологии, радиэкологии и агроэкологии» (Обнинск, 2019); VII Международная молодежная научная конференция, посвященная 100-летию Уральского федерального университета (Екатеринбург, 2020); Международная научно-практическая конференция «Ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве» (Обнинск, 2020); Международная научно-практическая конференция «Радиэкологические последствия радиационных аварий: к 35-ой годовщине аварии на ЧАЭС» (Обнинск, 2021); Научная конференция «Ломоносовские чтения» (Москва, 2021); IV Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы радиобиологии, радиэкологии и агроэкологии» (Обнинск, 2021).

Работа выполнена в рамках проекта МАГАТЭ по контракту 17988 «Effects of Radioactive Particles on Radionuclide Transfer and Dose Forming in Plants and Animals».

Особо хотелось бы подчеркнуть, что в диссертационной работе Снегирева А.С. использованы материалы исследований ФГБНУ ВНИИРАЭ и ряда институтов соисполнителей, выполненных в 70-80-е гг. прошлого столетия по вопросам потенциальной опасности для сельского хозяйства применения ядерного оружия. Эти данные, долгие годы являвшиеся недоступными для широкой научной общественности, сохраняют актуальность и являются полезными в задачах оценки последствий загрязнения экологических систем радиоактивными частицами различного происхождения. Важность этой работы также заключается в преемственности научных знаний, полученных разными поколениями ученых института. В «**Заключении**» диссертации соискателем представлены перспективные направления исследований, логично вытекающие из ранее полученных результатов.

#### **Замечания к работе.**

1. В диссертационной работе А.С. Снегирева рассматриваются вопросы поведения радиоактивных частиц в пищевой цепочке жвачных сельскохозяйственных животных. К сожалению, без внимания в контексте математического моделирования осталось поступление частиц почвы, загрязненной радионуклидами, в результате долговременных сбросов и выбросов предприятий ядерного наследия, а также вторичного переноса радионуклидов вследствие ветровой и водной эрозии почвенно-растительного покрова. Известно (Herlin, Anderson, Swedish University of agricultural sciences, 1996), что в течение пастбищного сезона крупный рогатый скот преднамеренно потребляет частицы почвы для усвоения ряда содержащихся в ней необходимых организму животного микроэлементов. При этом масса ежегодно потребляемой почвы может составлять значительную величину, примерно равную массе тела животного.



2. В тексте диссертации в незначительном количестве встречаются грамматические и орфографические ошибки.

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

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Учитывая актуальность исследуемой проблемы, большой объем научных исследований, научную и практическую значимость полученных соискателем данных, считаем, что диссертационная работа Снегирева А.С. по теме «Радиоактивные частицы в пищевой цепочке жвачных сельскохозяйственных животных: транспорт в пищеварительном тракте и метаболизм радионуклидов на примере  $^{131}\text{I}$ » является завершенным научным исследованием. Соискатель обоснованно отметил актуальность темы исследования. Цель поставлена с учетом актуальности исследуемой темы, задачи четко сформулированы и соответствуют цели исследования. Материал диссертации правильно структурирован, изложен современным научным языком.

Диссертацию можно оценить как самостоятельно выполненную научно-квалификационную работу, в которой решена важная научная задача, имеющая значение для развития радиобиологии в плане изучения фундаментальных закономерностей острого и хронического радиационного поражения сельскохозяйственных животных инкорпорированными радиоактивными частицами и метаболизма радионуклидов.

Данная работа отвечает требованиям специальности 1.5.1 – Радиобиология, являющейся комплексной научной дисциплиной, изучающей общебиологические особенности лучевого поражения растительных, животных организмов и человека (п. 6). В диссертационном исследовании впервые представлен анализ формирования источника внутреннего облучения жвачных сельскохозяйственных животных инкорпорированными радиоактивными частицами, а также разработана математическая модель метаболизма  $^{131}\text{I}$  у крупного рогатого скота в целях оценки опасности радиационного воздействия на здоровье животных и населения (п. 9. Последствия ядерных катастроф. Синдром Чернобыля. Радиоэкология).

Таким образом, следует заключить, что диссертационная работа А.С. Снегирева является законченной научно-квалификационной работой. По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости диссертационная работа А.С. Снегирева, несомненно, отвечает критериям 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции от 26.09.2022), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Снегирев Алексей Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1. Радиобиология.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании отделения радиобиологии имени В.А. Киршина Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности», протокол № 1 от 23 января 2023 года.

Заведующий лабораторией  
радиационного контроля  
и техники ФГБНУ «ФЦТРБ - ВНИВИ»,  
доктор биологических наук  
(03.01.01 – Радиобиология)



Вагин Константин Николаевич

Заведующий лабораторией  
радиационной безопасности  
и ветеринарно-санитарной  
экспертизы ФГБНУ «ФЦТРБ - ВНИВИ»,  
доктор биологических наук  
(06.02.05 – Ветеринарная санитария,  
экология, зоогигиена  
и ветеринарно-санитарная экспертиза)



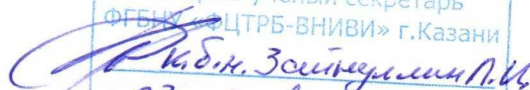
Фролов Алексей Викторович

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической  
безопасности»

420075, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань, Научный  
городок-2;

Тел./факс +7 843 239 53 20; +7 843 239 53 21420075,

e-mail: vnivi@vnivi.ru

Заверяю ученый секретарь  
ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» г.Казани  
  
«23» января 2023г.