

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Денисовой Эльвиры Николаевны

на тему: «Транспорт радиоактивных частиц в желудочно-кишечном тракте
животных и дозовые нагрузки на внутренние органы»
по специальности 1.5.1 – «Радиобиология» (физико-математические науки)

В настоящее время интенсивно развиваются отрасли промышленности, в которых применяются ядерные материалы и радиоактивные вещества (ЯМ и РВ). Несмотря на совершенствование мер безопасности по ограничению их распространения существует риск поступления ЯМ и РВ в окружающую среду. Одним из значимых факторов радиационного воздействия на живые организмы являются выбросы радиоизотопов йода и других техногенных радионуклидов, особенно в составе «горячих» частиц. В условиях формирующегося радиоактивного загрязнения актуализируются вопросы транспорта «горячих» частиц и оценки дозы облучения как человека и биоты. Важная роль в радиобиологических исследованиях радиационного поражения отводится одному из звеньев пищевой цепочки – крупному рогатому скоту (КРС). Поражение щитовидной железы (ЩЖ) КРС в первые недели после радиоактивных выбросов может привести к необратимому разрушению клеток ЩЖ и гибели животных. Прогнозная оценка накопленной дозы в ЩЖ позволит принять рациональное решение по разработке системы быстрого реагирования и применения противорадиационных мероприятий. Не менее важна оценка транспорта частиц и дозы внутреннего облучения слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) лабораторных животных (ЛЖ), в частности, крыс. Эти ткани являются первичной мишенью облучения «горячими» частицами, а также имеют сходное строение слизистых оболочек с другими

млекопитающими, что позволит экстраполировать полученные результаты на организм человека. К тому же относительно небольшие размеры (ЛЖ) позволяют применить современные методы воксельного моделирования композиции и состава материалов ЖКТ для прецизионных расчётов дозы методом Монте-Карло.

Несмотря на актуальность исследований транспорта «горячих» частиц в желудочно-кишечном тракте и накопления радиоактивного йода в щитовидной железе животных, следует констатировать недостаточную изученность этой проблемы для ЛЖ и КРС, с чем связан широкий разброс дозиметрических оценок, что и определяет цели и задачи настоящей диссертационной работы. Таким образом, **актуальность диссертационной работы** Денисовой Эльвиры Николаевны не вызывает сомнений и продиктована необходимостью разработать теоретические основы и современный программно-методический аппарат вычисления дозы внутреннего облучения критических органов лабораторных и сельскохозяйственных животных при пероральном поступлении радиоактивных частиц.

Диссертация имеет традиционную структуру и содержит введение, обзор литературы, четыре главы, посвященные описанию проведённых исследований, а также выводы работы. Материалы изложены на 82 страницах машинописного текста, список литературы включает 101 наименование.

Во введении представленной диссертации сформулирована цель работы, обосновывается научная новизна, практическая значимость и достоверность результатов, описывается личный вклад автора, приводится список публикаций и перечень конференций, на которых докладывались и обсуждались результаты работы.

Первая глава диссертационного исследования представляет собой литературный обзор, касающийся основных подходов к созданию прецизионной вычислительной технологии, опирающейся на описание источника излучений, камерную модель переноса радиоизотопов в желудочно-кишечном тракте, численное решение уравнений переноса с учетом ядерно-физических процессов. Представлен краткий обзор численных методов решения уравнения переноса, как прецизионных, так и приближённых.

Во второй главе работы содержится описание объектов исследования, основных методов и средства исследований. Для иллюстрации применения предлагаемого подхода рассмотрены типичные задачи внутреннего облучения референтного вида ЛЖ модельными «горячими» частицами и щитовидной железы КРС радиоизотопами йода в первые недели после радиационной аварии.

В третьей главе представлены модельные оценки внутреннего облучения ЛЖ при пероральном поступлении активности. С помощью результатов прецизионных расчётов для реалистичных фантомов получены дозы для полутора десятка внутренних органов (ЖКТ, сердце, печень, селезёнка и др.). Источник излучения (радиоактивные частицы) в расчётах моделируется в соответствии с реальным составом, принятом в экспериментальных исследованиях.

В завершающей четвёртой главе диссертации подробно описаны экспериментальные исследования, выполненные на телятах. Проведенные автором расчёты, основанные на результатах этих исследований и прецизионных моделях щитовидной железы и транспорта излучений, позволили получить достоверное значение критической дозы необратимого разрушения клеток ткани щитовидной железы.

В заключительной части диссертации изложены основные результаты и выводы о проделанной работе.

Научной новизной и оригинальностью обладают следующие результаты диссертационной работы:

- разработана и программно реализована камерная модель для задач транспорта радиоактивных частиц в ЖКТ ЛЖ;

- предложены новые подходы к прецизионным расчётам дозы внутреннего облучения и всей полноты ядерных превращений, вносящих вклад в формирование дозы критических органов животных при радиационных авариях;

- разработана и реализована технология применения метода Монте-Карло к расчётам транспорта β - и γ - излучений, обусловленных внутренним источником в ЖКТ ЛЖ и в ЩЖ КРС;

- для лабораторных животных выявлена слабая чувствительность дозы внутреннего облучения от применяемых моделей радиоактивных частиц (трёхкомпонентной, рениевой и др.);

- для КРС получено достоверное значение критической дозы ЩЖ, приводящей к необратимому разрушению клеток ткани железы, что имеет важное значение для обоснования и планирования защитных мер в случае радиационной аварии.

Степень обоснованности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации, сомнений не вызывает. Спектр методов, использованных в работе, полностью адекватен поставленным задачам, анализ результатов проведен корректно. Представленный в диссертации иллюстративный материал полностью отражает ее основные результаты. Формулировки цели и задач исследования соответствуют названию и содержанию диссертации. Выводы аргументированы и достоверны, являются

логическим следствием полученных фактических данных. Основные положения носят тезисный характер, сформулированы четко (не содержит скрытой информации) в соответствии с задачами исследования и новыми результатами.

Результаты диссертационной работы прошли всестороннюю апробацию на российских и международных конференциях. Материалы исследования опубликованы в полном объеме – всего 21 научная работа, в том числе 2 публикации в рецензируемых научных изданиях, индексируемых международными базами данных Web of Science & Scopus, 1 публикация в журнале, входящем в перечень изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, и 2 свидетельства на программы для ЭВМ.

Исследования поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований (проект «Прецизионное моделирование радиационного воздействия «горячих» радиоактивных частиц на организм лабораторных животных», № 19-316-90014).

Личный вклад Э.Н. Денисовой состоит в непосредственном участии в формулировке идеи исследования, постановке задач, разработке расчётных методов, она самостоятельно проводила анализ и обработку полученных и изложенных в диссертации результатов, а также совместно с соавторами участвовала в написании научных статей, представлении и обсуждении результатов исследования на конференциях и симпозиумах.

В качестве замечаний и вопросов по представленной диссертационной работе отметим следующее.

Автор декларирует расчеты дозы по Монте Карло по программе MNCP5, однако такие расчеты были проведены только для щитовидной железы коров/телят.

В случае обсчета эксперимента с горячими частицами в крысах были использованы готовые значения поглощенных фракций излучений, взятые из

воксельных моделей крыс, полученные из интернета или литературных источников, см. таблицу из рис.2.2.

Желательно было бы выполнить параллельные расчеты другими методами, например, с упрощенной геометрией облучаемой щитовидной железы коров и ЖКТ крыс; учитывая бета-излучение горячих частиц и небольшие размеры щитовидной железы, упрощенные расчеты могут дать практически те же результаты.

Результаты расчета доз на ЖКТ крыс для эксперимента с горячими частицами, представленные в таблице 2.4 требуют пояснений: доза на желудок составляет 10 Гр, а на кишечник - всего $(6-9) \times 10^{-3}$ Гр, что представляется дискуссионным, поскольку активность из желудка переходит в кишечник и там остается дольше чем в желудке.

В главе 3 имеет место путаница в номерах формул, например, вместо номера формулы (2.1), (2.2), (2.3) должно быть (3.1), (3.2), (3.3) (стр. 50, 51) и т.д. Такое же замечание для номера формул в главе 4.

При моделировании одни и те же экспериментальные данные использовались как для определения значений коэффициентов модели, так и для проверки соответствия результатов экспериментальным данным (например, рис.3.6). Проверка адекватности модели должна осуществляться на экспериментальных данных, не используемых при определении ее параметров.

В списке литературы неточно представлена ссылка № 17 на работу Борового А.А. и др. в составе коллективной монографии «Радиоэкологические последствия Чернобыльской аварии», отсутствует название работы в ссылке № 58.

Указанные замечания не снижают высокой значимости и положительной оценки представленного диссертационного исследования.

