

Диссертационный совет 24.1.013.01  
на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения  
«Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и  
агроэкологии»

## РЕШЕНИЕ

О результатах публичной защиты диссертации

Рассмотрев диссертацию Вазирова Руслана Альбертовича на тему «Исследование эффективности радиационной поверхностной обработки пищевой продукции низкоэнергетическим наносекундным электронным пучком», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1. Радиобиология, на заседании 17.11.2021 диссертационный совет принял решение присудить Вазирову Р.А. ученую степень кандидата биологических наук.

В заседании участвовали 17 человек, из них 16 докторов наук по специальности в совете 1.5.1. Радиобиология, из 22 человек, входящих в состав совета. Присутствовали: Санжарова Н.И., председатель диссертационного совета; Панов А.В., заместитель председателя; Бондаренко Е.В., ученый секретарь; Волкова П.Ю., Гераськин С.А.; Грудина Н.В.; Карпенко Е.И., Крышев А.И.; Крышев И.И.; Кузнецов В.К.; Лукашенко С.Н.; Мирзоев Э.Б.; Переволоцкий А.Н.; Прудников П.В.; Спиридонов С.И.; Спирин Е.В.; Фесенко С.В.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Бондаренко Е.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.013.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАДИОЛОГИИ И АГРОЭКОЛОГИИ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 17.11.2021 № 2

О присуждении Вазирову Руслану Альбертовичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата биологических наук.

Диссертация «Исследование эффективности радиационной поверхностной обработки пищевой продукции низкоэнергетическим наносекундным электронным пучком» по специальности 1.5.1. Радиобиология принята к защите 31.08.2021 (протокол заседания № 6) диссертационным советом 24.1.013.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 249032, Россия, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км, приказ № 561/нк от 3 июня 2021 г.

Соискатель Вазиров Р.А., 17.08.1993 года рождения, в 2020 году окончил аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (диплом об окончании аспирантуры № 106624 4860933 от 04.07.2020). Работает младшим научным сотрудником кафедры экспериментальной физики Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Диссертация выполнена на кафедре экспериментальной физики Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Научный руководитель – доктор технических наук Соковнин Сергей Юрьевич, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук», ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Черняев Александр Петрович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Физический факультет, Отделение ядерной физики, кафедра физики ускорителей и радиационной медицины, заведующий кафедрой;

Брызгин Александр Альбертович, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт ядерной физики имени Г.И. Будкера» Сибирского отделения Российской академии наук, заведующий лабораторией

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем имени В.М. Горбатова» Российской Академии Наук, г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Дыдыкиным Андреем Сергеевичем, к.т.н., доцент, руководитель отдела функционального и специализированного питания, и Насоновой Викторией Викторовной, к.т.н., доцент, руководитель направления научно-прикладных и технологических разработок, указала, что диссертация Вазирова Р.А. является самостоятельной, комплексной и законченной работой, которая вносит вклад в прикладное применение радиационных технологий. Полученные результаты позволяют расширить возможности применения ионизирующего излучения для антимикробной обработки пищевой продукции, исключив негативные последствия традиционных методов радиационной обработки. В отзыве отмечено, что возможность использования ионизирующего излучения для прединкубационной антимикробной обработки куриных яиц обладает ключевым значением. Указанные в отзыве замечания не уменьшают научной и практической значимости работы, не затрагивают ее основных выводов и не влияют на общую положительную оценку выполненного автором исследования. По актуальности, новизне, научной и практической значимости полученных результатов и объему выполненных работ диссертация Вазирова Р.А. соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата биологических наук, установленных в «Положении о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции от 20.03.2021), а Вазиров Р.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1. Радиобиология.

Соискатель имеет 33 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ. Общий объем публикаций в рецензируемых научных изданиях составляет 2,8 авторских листа. Основные работы опубликованы в изданиях, индексируемых в международных базах данных научного цитирования

(Scopus, Web of Science), что подтверждает научную значимость полученных результатов. В список опубликованных по теме диссертации работ входят публикации в сборниках статей и материалах международных конференций. Подготовка публикаций выполнена соискателем лично или при непосредственном участии. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации отсутствуют.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. **Vazirov, R.**, Sokovnin, S., Romanova, A., Moiseeva, K. Analysis of radiation effects on chicken eggs and meat irradiated by nanosecond electron beams. E3S Web of Conferences. 2020. V 176. 03016. DOI: 10.1051/e3sconf/202017603016 (Scopus)

2. **Vazirov, R.A.**, Sokovnin, S.Y., Agdantseva, E.N., Tsmokalyuk, A.N. Radiation-Induced Electronic Paramagnetic Resonance Signal for Monitoring Radiation Processing of Food Products. 2020. 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE). IEEE, 2020. P. 956-958. DOI: 10.1109/EFRE47760.2020.9242007 (Scopus)

3. Sokovnin, S.Yu., Balezin, M.E., **Vazirov, R.A.**, Timoshenkova, O.R., Krivonogova, A.S., Isaeva, A.G., Donnik, I.M. Properties of hens' eggs under surface irradiation by nanosecond electron beam. Radiation Physics and Chemistry. 2019. V. 165. 108398.

4. **Vazirov, R.A.**, Sokovnin, S.Y., Agdantseva, E.N., Tsmokalyuk, A.N., Balezin, M.E. EPR measurement of radiation-treated chicken eggs. AIP Conference Proceedings. 2019. V. 2174. №1. 020186. DOI: 10.1063/1.5134337 (Scopus)

5. Krivonogova, A. S., Sokovnin, S. Y., Isaeva, A. G., Shkuratova, I. A., Donnik, I. M., Loretts, O. G., **Vazirov, R. A.** Periblastic Sanitation of Poultry Meat and Offal with Nanosecond Electron Beam. International Journal Of Advanced Biotechnology And Research. 2018. V. 9. № 4. P. 541-548. eLIBRARY ID: [36672748](#)

6. Sokovnin, S.Y., **Vazirov, R.A.**, Balezin, M.E., Krivonogova, A.S. & Donnik, I.M. Surface Disinfection Of Chicken Eggs By Nanosecond Electron Beam. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. V. 9. № 5. P. 1846-1854. eLIBRARY ID: [38248379](#) (Web of Science)

7. Sokovnin, S.Yu., **Vazirov, R.A.**, Balezin, M.E., Krivonogova, A.S. Surface irradiation of chicken eggs by nanosecond electron beam. RAD Conference Proceedings. – 2017. – V. 2. – P. 11–14. DOI: 10.21175/RadProc.2017.03 (Scopus)

По результатам научно-исследовательской работы получены 2 патента: RU 2654622 C1 и RU 2729813 C2.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов от: д.б.н. Проценко Юрия Леонидовича, доцент, главный научный сотрудник Института Иммунологии и физиологии УрО РАН (г. Екатеринбург); д.б.н. Ольги Мутер, ведущий научный

сотрудник, заведующий лабораторией микробиологии окружающей среды Института микробиологии и биотехнологии Латвийского Университета (г. Рига, Латвия); д.ф.-м.н. Пушкарева Александра Ивановича, профессор кафедры Высоковольтной электрофизики и сильноточной электроники, Институт физики высоких технологий Томского политехнического университета (г. Томск); д.х.н. Пономарева Александра Владимировича, главный научный сотрудник ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук (г. Москва); к.т.н. Егорова Ивана Сергеевича, научный сотрудник научно-производственной лаборатории «Импульсно-пучковых, электроразрывных и плазменных технологий» Инженерной школы новых производственных технологий, Национальный исследовательский Томский политехнический университет (г. Томск); к.т.н. Гусева Антона Игоревича, преподаватель-исследователь лаборатории инженерных наук, применяемых в машиностроении и электротехнике Университета города По и региона Адур (г. По, Франция); к.т.н. Воробьева Максима Сергеевича, с.н.с. ФГБУН Институт сильноточной электроники Сибирского отделения РАН (г. Томск); к.т.н. Кокшарова Сергея Анатольевича, директор ООО «ТАНГСИМА» (г. Екатеринбург).

Все отзывы положительные. В них отмечается актуальность работы, теоретическая и практическая значимость, достоверность результатов, их новизна, высокий методический уровень выполненных исследований, а также возможность использования результатов при создании технологических основ и нормативно-правовой базы по радиационной обработке продукции. В отзывах содержатся следующие замечания, предложения и вопросы: 1 – изменяются ли органолептические свойства продуктов в процессе употребления сырых или в процессе их термической обработки, в зависимости от глубины обработки, если показана возможность идентификации факта облучения? (д.б.н. Проценко Ю.Л.); 2 – насколько дорогостоящий предлагаемый метод, по сравнению с общепринятыми, работающими сейчас? (д.б.н. Проценко Ю.Л.); 3 – на бактерии действует, а на вирусы, например, гриппа или Covid-19? (д.б.н. Проценко Ю.Л.); 4 – для определения поглощенной дозы, создаваемой пучком электронов, использовались детекторы СО ПД(Ф)Р-5/50, которые рассчитаны для измерения поглощенной дозы в диапазоне от 5 до 50 кГр. Результаты измерений поглощенной дозы, приведенные в таблице 3 автореферата, составляют менее 1 кГр. Если измерения поглощенной дозы выполнены после облучения несколькими импульсами, то необходимо привести данные по стабильности параметров электронного пучка в серии импульсов (д.ф.-м.н. Пушкарев А.И.); 5 – Результаты расчетов экстраполированного пробега электронов (таб. 2 автореферата) и результаты экспериментов (рис. 1 автореферата) значительно расходятся (расхождение более 50 %). Это может быть связано с некорректным выбором полиэтилена как аналога биологической ткани или отсутствием учета немонотонного энергетического

распределения электронов в пучке, генерируемом ускорителем УРТ-1 (д.ф.-м.н. Пушкарев А.И.); 6 – Вывод 1 на стр. 20 не является непосредственным следствием работы, поскольку общеизвестно, что пространственное распределение поглощенной дозы (включая глубину проникновения пучка) напрямую определяется энергией электронов, геометрией поля облучения, плотностью и элементным составом облучаемого объекта. Это базовый принцип радиобиологии, радиационной химии и физики электронных пучков. Эти общеизвестные принципы не следовало включать в Выводы (д.х.н. Пономарев А.В.); 7 – в работе перечислены применяемые режимы работы ускорителей со средней энергией электронов УРТ-0.5: 300, 400, 500 кэВ, УРТ-1: 520, 600, 680 кэВ. Более подробная информация о спектре кинетических энергий электронов в пучке, которая в том числе характеризует распределение поглощенной дозы по глубине не приведена (к.т.н. Егоров И.С.); 8 – «Сравнительная таблица источников электронного, рентгеновского, гамма-излучения и НЭП» использует критерии классификации, не позволяющие произвести сравнение описываемых источников, например, «хорошая проникающая способность» и «высокая проникающая способность» (к.т.н. Егоров И.С.); 9 – допущены неточности и описки, затрудняющие восприятие материалов (к.т.н. Егоров И.С., к.т.н. Воробьев М.С.); 10 – на стр. 10 неправильно указано соответствие между средним и зарядным напряжением (к.т.н. Воробьев М.С.); 11 – автор оперирует понятием «оптимальное поле поглощенной дозы» (например стр. 4.) и для облучения использует два ускорителя УРТ-0.5 и УРТ-1, однако из автореферата непонятно какая энергия электронов является оптимальной для радиационной обработки поверхности пищевых продуктов. Имеет ли смысл стремиться к дальнейшему снижению энергии электронов пучка, например, менее 200 кэВ?» (к.т.н. Воробьев М.С.); 12 – на стр. 14 и табл. 3 путаница в понимании. Речь идет о зарядном напряжении, которое на разных установках приводит к разной средней энергии электронов пучка. Так почему не пользоваться средней энергией электронного пучка как первично важным фактором при фиксированной длительности пучка?» (к.т.н. Воробьев М.С.); 13 – на стр. 15 имеет смысл обозначить толщину тары, выражая ее абсолютными величинами вместо фраз «тонкий слой» или «толстый лоток». При этом автор описывает облучение в «стандартных лотках куриных яиц», но о каком стандарте идет речь непонятно (к.т.н. Воробьев М.С.); 14 – во всем автореферате нет ни одной осциллограммы тока электронного пучка и ускоряющего напряжения, что также затрудняет восприятие материала, особенно для специалистов, работающих с ускорителями другого типа (к.т.н. Воробьев М.С.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что они являются компетентными специалистами в области радиобиологии и радиационных технологий, пользуются заслуженным авторитетом у коллег, имеют значимые публикации в ведущих международных и отечественных научных изданиях. Профессор Черняев Александр Петрович – ведущий ученый в области

медицинской физики и радиационных технологий с большим количеством публикаций в области радиационной обработки пищевых продуктов, изучения микробиологических показателей продуктов питания после обработки электронным излучением. Брызгин Александр Альбертович – известный специалист в области радиационных технологий и ускорительной техники с многочисленными публикациями о возможностях применения ускорителей электронов в пищевой промышленности.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований впервые проанализировано влияние облучения низкоэнергетическим электронным пучком на свойства инкубационных куриных яиц и цыплят, которые были выведены из облученных яиц. Показано, что поверхностное облучение инкубационных яиц низкоэнергетическим электронным пучком с энергией 500 кэВ в дозе 5 кГр не оказывало влияние на долю выводка птенцов. Исследовано распределение поглощенной дозы электронного излучения при поверхностной дезинфекции с целью ингибирования микробного загрязнения продукции при сохранении ее пищевой ценности. При обработке в дозе менее 5 кГр поверхности столовых и инкубационных яиц пролиферативная активность микроорганизмов рода *Salmonella* полностью ингибируется. Впервые проведено исследование радиационно-индуцированного сигнала яичной скорлупы после обработки низкоэнергетическим электронным пучком. Установлена возможность использования ЭПР сигнала для контроля поглощенной дозы и определения факта использования ионизирующего излучения при обработке куриных яиц. Впервые установлена возможность регистрации факта использования ионизирующего излучения при обработке продукции в дозе более 1 кГр в течение 30 дней. Разработана оригинальная методика дозиметрии, основанная на анализе радиационно-индуцированного сигнала ЭПР порошка скорлупы облученных яиц.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что полученные новые данные о влиянии низкоэнергетического электронного излучения на свойства инкубационных яиц и цыплят, а также на ингибирование микроорганизмов, расширяют существующие представления о механизмах влияния ионизирующего излучения и являются научной основой для разработки метода поверхностной дезинфекции. Результаты широкого комплекса экспериментальных междисциплинарных исследований, вносят вклад в научное обоснование развития радиационных технологий для пищевой и сельскохозяйственной промышленности.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что представленные данные могут быть использованы для разработки технических регламентов и нормативно-правовой базы применения радиационных технологий для обработки пищевой продукции. Проведена экспериментально-производственная апробация научно-исследовательских

ускорителей УРТ-1 и УРТ-0.5 для обработки куриных яиц и куриного мяса в упаковке. Разработан опытный образец установки для радиационной поверхностной двусторонней обработки инкубационных куриных яиц. Опытный образец проходит апробацию на птицефабрике Общества с ограниченной ответственностью «Новгородский Бекон» (г. Новгород). Практическая значимость работы подтверждается получением двух патентов на изобретение.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что они получены с применением апробированных методик и современных методов анализа на сертифицированном оборудовании. Выбор технологического диапазона доз и энергий при обработке птицеводческой продукции обоснован. В экспериментах использованы адекватные объемы выборок и подходящие статистические методы анализа результатов. Для расчета характеристик поля электронного излучения в обрабатываемых образцах использовали лицензионное программное обеспечение PCLab. Для подтверждения расчетов автор применил метод пленочной дозиметрии для измерения поверхностной дозы от электронного излучения при обработке объектов исследования, а также термолюминесцентные дозиметры для измерения поглощенной дозы от тормозного излучения. Эффективность поверхностной обработки оценена методом подсчета обсемененности продукции птицеводства, комплексным анализом качества и безопасности обработанных электронным излучением пищевых продуктов, а также гистологическими исследованиями куриного мяса. Воздействие излучения на поверхность яиц курицы изучали с помощью электронного микроскопа и методом ЭПР спектроскопии.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в формулировке целей и задач диссертационной работы, в выборе экспериментальных методов достижения поставленных задач, планировании и проведении экспериментов. Автор самостоятельно проводил радиационную обработку объектов исследования, определял дозиметрические характеристики. Соискатель непосредственно участвовал в статистической обработке, анализе и интерпретации экспериментальных данных, а также в подготовке публикаций, в формулировке выводов и основных положений диссертационной работы.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний.

На заседании 17.11.2021 диссертационный совет принял решение:

за вклад в выявление новых радиобиологических эффектов воздействия низкоэнергетического электронного излучения, разработку оригинальной методики дозиметрии на основании анализа радиационно-индуцированного сигнала ЭПР, научное обоснование метода поверхностной дезинфекции, имеющих важное прикладное значение для применения радиационных технологий в пищевой промышленности

присудить Вазирову Р.А. ученую степень кандидата биологических наук.



При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 16 докторов наук по специальности 1.5.1. Радиобиология, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0.

Председатель  
диссертационного совета



Санжарова Наталья Ивановна

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Бондаренко Екатерина Валерьевна

Дата оформления заключения: «17» ноября 2021 г.