

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке

Германенко А.В.

« 16 »

2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Исследование эффективности радиационной поверхностной обработки пищевой продукции низкоэнергетическим наносекундным электронным пучком» на соискание ученой степени кандидата биологических наук выполнена на кафедре экспериментальной физики Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

В период подготовки диссертации соискатель Вазиров Руслан Альбертович работал в должности младшего научного сотрудника, а затем ассистента кафедры экспериментальной физики Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (с 2018 г. по настоящее время) и обучался в аспирантуре ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по очной форме обучения по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики (с 01.10.2016 г. по 01.10.2020 г.).

В 2016 г. окончил ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», где прошел обучение в магистратуре

кафедры экспериментальной физики по специальности «Биомедицинские системы и технологии», диплом №282610 от 10 июня 2016 года.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов (английский язык, история и философия науки) выдано в 2020 г. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Диплом об обучении в аспирантуре № 473 от 04.07.2020 г. выдан ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Удостоверение о сдаче кандидатского экзамена по радиобиологии выдано в 2020 г. ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии».

Научный руководитель – доктор технических наук, Соковнин Сергей Юрьевич, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Института электрофизики Уральского отделения Российской академии наук», профессор кафедры экспериментальной физики Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

По результатам рассмотрения диссертации « Исследование эффективности радиационной поверхностной обработки пищевой продукции низкоэнергетическим наносекундным электронным пучком» с учетом достаточно широкой апробации и публикации результатов проведенных исследований принято следующее **заключение:**

Выполненная соискателем Вазировым Русланом Альбертовичем диссертационная работа является актуальным научным трудом, посвященным исследованию эффективности радиационной поверхностной обработки пищевой продукции низкоэнергетическим наносекундным электронным пучком на примере птицеводческой продукции. Диссертация выполнена в соответствии с требованиями ВАК и имеет важное научное значение в области радиобиологии. Текст диссертационной работы написан грамотным научным языком и корректно оформлен. Название работы, цель, поставленные задачи, основные положения,

выносимые на защиту, соответствуют результатам исследований и сформулированным выводам.

Актуальность темы исследований. Исследование научных основ радиационной обработки пищевой и сельскохозяйственной продукции является важной задачей применения ионизирующих излучений в производстве. Изучение биологического ответа и радиорезистивности микроорганизмов на действие источников ионизирующего излучения является одной из ключевых задач радиобиологии. Актуальность данной работы подкрепляется необходимостью внедрения эффективных и экономически выгодных технологий обработки пищевой продукции для повышения ее биологической безопасности и сохранения пищевой ценности.

Научная новизна и практическая значимость результатов. В диссертационной работе получены следующие результаты, характеризующиеся научной новизной:

Проведены исследования эффективных пробегов электронов и распределение поглощенной дозы при обработке продукции на ускорителях УРТ-1 и УРТ-0.5. Показана возможность формирования глубинных распределений поглощенной дозы электронного излучения для радиационной поверхностной обработки, обеспечивающих эффективное ингибирование микробиологического загрязнения птицеводческой продукции при сохранении пищевой ценности. При обработке куриных яиц пучком электронов 500 кэВ пробег электронов не превышает 0.47 мм в толщине скорлупы, что исключает влияние высоких поглощенных доз от электронов на пищевую ценность и эмбрионы куриных яиц. При обработке мясной продукции пучком электронов 1 МэВ глубина пробега электронов не превышает 4.35 мм.

Результаты исследований имеют научное и прикладное значение в плане развития методов радиационной обработки пищевой продукции. Разработанные научные основы метода поверхностной радиационной дезинфекции позволяют выполнять обеззараживание поверхности куриных яиц без негативного

воздействия на пищевую ценность, а в случае с инкубационными куриными яйцами радиационная обработка не приводит к гибели эмбриона или лучевым последствиям для птенцов. Дозозависимый эффект снижения контаминации микроорганизмов наблюдался также при обработке куриного мяса и полуфабрикатов.

Впервые выполнено исследование влияния облучения низкоэнергетическим электронным пучком на свойства инкубационных куриных яиц и выведенных из них цыплят. Облучение низкоэнергетическим электронным пучком с энергией 500 кэВ и поглощенной дозой равной 5 кГр на поверхности продукции не влияет на долю вывода птенцов. При этом при обработке столовых и инкубационных куриных яиц с поглощённой дозой не менее 5 кГр полностью ингибируется пролиферативная активность у всех штаммов микроорганизмов рода *Salmonella*.

Впервые проведены исследования радиационно-индуцированного сигнала в яичной скорлупе при обработке низкоэнергетическим электронным пучком. Показана возможность использования ЭПР сигнала для определения факта применения ионизирующего излучения для обработки куриных яиц и контроля поглощенной дозы. При поглощенной дозе более 1 кГр возможно определить была ли продукция подвержена радиационной обработке в течении 30 дней после неё.

Практическая значимость связана с разработкой научных основ высокоэффективных и экономически выгодных методов радиационной обработки пищевой продукции с целью повышения биологической безопасности и сохранения пищевой ценности. Полученные результаты являются научной основой для внедрения и коммерциализации ускорителей УРТ.

Результаты работы защищены патентами РФ на изобретение.

Степень достоверности результатов проведенных исследований. Достоверность представленных в работе результатов обеспечена корректным подбором методов исследования, соответствующих области исследования, применением современного оборудования и программ и получением большого

объема экспериментальных данных, анализ которых производился с помощью программных средств Origin и Statistica. Результаты и выводы, изложенные в диссертационной работе, обоснованы, их достоверность сомнений не вызывает.

Научная специальность, которой соответствует диссертация.

Диссертация Вазирова Р.А. представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу. Результаты, цели и задачи диссертации соответствуют паспорту специальности 1.5.1. Радиобиология, а именно пунктам 1, 2, 5, 11 и 12.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации. Соискатель принимал непосредственное участие в постановке целей и задач исследования, разработке теоретических и экспериментальных методов достижения поставленных целей, выполнении исследований на всех этапах и формулировке выводов. Статистическую обработку результатов и экспериментальную работу по определению радиационно-индуцированного сигнала ЭПР соискатель выполнял самостоятельно. В дополнение к этому соискатель принимал непосредственное участие в написании статей.

Оценка выполненной соискателем работы. Диссертационная работа Вазирова Р.А. является законченной научно – квалификационной работой, которая посвящена исследованиям научных основ радиационной обработки пищевой продукции с целью повышения её биологической безопасности и сохранения пищевой ценности. Полученные результаты являются актуальными как в фундаментальном плане, так и для применения в пищевой и сельскохозяйственной промышленности.

Ценность научных работ соискателя ученой степени. Совокупность опубликованных диссертантом результатов вносят вклад в решение научных проблем в области радиобиологии и радиационных технологий. Полученные результаты способствуют развитию подходов радиационной обработки продукции для её обеззараживания.

Основные результаты диссертации прошли апробацию на следующих российских и международных конференциях: Международная конференция

Radiation and Application RAD2017, 12 – 16 июня 2017 г., г. Будва, Черногория; IV Международная молодежная научная конференция: Физики. Технологии. Инновации. ФТИ-2017. 15–19 мая 2017 г., г. Екатеринбург, Россия; Международная молодежная научная конференция: Физики. Технологии. Инновации. ФТИ-2018. 14–18 мая 2018 г., г. Екатеринбург, Россия; 14th International Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows EFRE-2018 16 – 22 июня 2018 г., г. Томск, Россия; Научно-практическая конференция «Современные физические технологии в птицеводстве» 17 октября 2018 г., г. Екатеринбург, Россия; Международная молодежная научная конференция: Физики. Технологии. Инновации. ФТИ-2019. 25–24 мая 2019 г., г. Екатеринбург, Россия; Международная молодежная конференция "Современные проблемы радиобиологии, радиоэкологии и агроэкологии", ВНИИРАЭ 3-4 октября 2019 г., г. Обнинск, Россия.

Результаты научной работы отражены в 18 публикациях и представлены на 7 конференциях. Проведенные исследования были поддержаны грантом РФФИ 16-16-04038.

Диссертация соответствует требованиям, установленным пунктом 14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней».

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Основные положения диссертационной работы изложены в 18 печатных работах, в том числе в 8 статьях в реферируемых российских и зарубежных периодических научных изданиях.

Список работ, опубликованных по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях:

1. Sokovnin, S.Yu. Surface irradiation of chicken eggs by nanosecond electron beam / Sokovnin, S.Yu., **Vazirov, R.A.**, Balezin, M.E., Krivonogova, A.S. // RAD Conference Proceedings. – 2017. – V. 2. – P. 11–14.
2. Krivonogova, A. S. Periblastic Sanitation of Poultry Meat and Offal with Nanosecond Electron Beam / Krivonogova, A. S., Sokovnin, S. Y., Isaeva, A. G., Shkuratova, I. A.,

- Donnik, I. M., Loretts, O. G., **Vazirov, R. A.** // International Journal Of Advanced Biotechnology And Research. – 2018. – V. 9. – № 4. – P. 541-548
3. Sokovnin, S.Y. The use of nanosecond electron beam for the eggs surface disinfection in industrial poultry / Sokovnin, S.Y., Donnik, I.M., Shkuratova, I.A., Krivonogova, A.S., Balezin, M.E., **Vazirov, R.A.** // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – V. 1115. – № 2. – 022034
 4. Sokovnin, S.Y. Surface Disinfection Of Chicken Eggs By Nanosecond Electron Beam / Sokovnin, S.Y., **Vazirov, R.A.**, Balezin, M.E., Krivonogova, A.S. & Donnik, I.M., // B: Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – V. 9. – № 5. – P. 1846-1854.
 5. Sokovnin, S.Yu. Properties of hens' eggs under surface irradiation by nanosecond electron beam / Sokovnin, S.Yu., Balezin, M.E., **Vazirov, R.A.**, Timoshenkova, O.R., Krivonogova, A.S., Isaeva, A.G., Donnik, I.M. // Radiation Physics and Chemistry. – 2019. – V. 165. – 108398.
 6. **Vazirov, R.A.** EPR measurement of radiation-treated chicken eggs / **Vazirov, R.A.**, Sokovnin, S.Y., Agdantseva, E.N., Tsmokalyuk, A.N., Balezin, M.E.// AIP Conference Proceedings. – 2019. – V. 2174. – №1. – 020186
 7. **Vazirov, R.** Analysis of radiation effects on chicken eggs and meat irradiated by nanosecond electron beams / **Vazirov, R.**, Sokovnin, S., Romanova, A., Moiseeva, K., // E3S Web of Conferences. – 2020. – V 176. – 03016
 8. **Vazirov, R. A.** Radiation-Induced Electronic Paramagnetic Resonance Signal for Monitoring Radiation Processing of Food Products / **Vazirov, R.A.**, Sokovnin, S.Y., Agdantseva, E.N., Tsmokalyuk, A.N // 2020 7th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE). – IEEE, 2020. – P. 956-958.
 9. Патент на изобретение РФ № 2 654 622 «Способ поверхностной дезинфекции яйца» С.Ю. Соковнин, И.М. Донник, А.С. Кривоногова, И.А. Шкуратова, А.Г. Исаева, М.Е. Балезин, **Р.А. Вазиров**, П.С. Кривоногов, К.В. Моисеева, А.А. Баранова, Н.Б. Мусихина опублик. 21.05.2018 Бюл. № 15. и положительное решение по заявке С.Ю. Соковнин, И.М. Донник, А.С. Кривоногова, И.А. Шкуратова, А.Г.

- Исаева, М.Е. Балезин, Р.А. Вазиров, П.С. Моисеева, А.А. Баранова, Н.Б. Мусихина // Способ поверхностной дезинфекции яйца / заявка на патент РФ № 2017100768 от 10.01.2017.
10. Патент на изобретение РФ № 2 729 813 «Способ поверхностной дезинфекции яйца» С.Ю. Соковнин, И.М. Донник, И.А. Шкуратова, А.С. Кривоногова, А.Г. Исаева, М.Е. Балезин, **Р.А. Вазиров**, П.С. Кривоногов, К.В. Моисеева, А.А. Баранова, Н.Б. Мусихина опубл. 15.06.2020 Бюл. № 17. и положительное решение по заявке С.Ю. Соковнин, И.М. Донник, И.А. Шкуратова, А.С. Кривоногова, А.Г. Исаева, М.Е. Балезин, Р.А. Вазиров, П.С. Моисеева, А.А. Баранова, Н.Б. Мусихина // Способ поверхностной дезинфекции яйца / заявка на патент РФ № 2018144436 от 15.12.2018.
11. **Vazirov, R.** A Surface irradiation of chicken eggs by nanosecond electron beam / **R. A. Vazirov**, S. Y. Sokovnin, M. E. Balezin, // The 5th international conference on radiation and applications in varies fields of research. – Budva, Montenegro 2017. – RAD5-429
12. **Вазиров, Р. А.** Сравнение радиационных последствий облучения яиц и мяса птицы наносекундными пучками электронов / С.Ю. Соковнин, и др. // Всероссийской научно-практической конференции «Современные физические технологии в птицеводстве». – Екатеринбург, 2018
13. Sokovnin, S. Yu. The use of nanosecond electron beam for the eggs surface disinfection in industrial poultry / S. Yu. Sokovnin, **R. A. Vazirov**, и др. // 14th International Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows EFRE-2018. – Томск, 2018. – P. 139
14. **Вазиров, Р. А.** Радиационная обработка продуктов питания на установках УРТ-0.5 и УРТ-1.0 / **Р. А. Вазиров**, С. Ю. Соковнин, М. Е. Балезин // VI Международная молодежная научная конференция «Физика. Технологии. Инновации ФТИ-2019». – Екатеринбург, 2019. – С. 1063-1064
15. **Вазиров, Р. А.** Радиационная поверхностная дезинфекция пищевой продукции наносекундным электронным пучком / **Р. А. Вазиров**, С. Ю. Соковнин, М. Е.

- Балезин // Международная молодежная конференция "Современные проблемы радиобиологии, радиозологии и агроэкологии". – Россия, 2019. – С. 257-259.
16. **Vazirov, R.** Surface irradiation of hatching eggs with nanosecond electron beam before incubation for stimulation / **R. Vazirov**, et al. // International Scientific and Practical Conference "Digital agriculture-development strategy" (ISPC 2019). – Atlantis Press, 2019.
17. **Вазиров, Р. А.** Исследование дозиметрических характеристик низкоэнергетического электронного пучка, генерируемого ускорителями УРТ-0.5 и УРТ-1 для применения радиационной обработки пищевой продукции / **Р. А. Вазиров**, С. Ю. Соковнин, М. Е. Балезин // Международной научно-практической конференции "Ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве". – Россия, 2020. – С. 315-318.
18. **Чуманова, А. А.** Исследование радиационно-индуцированного сигнала яичной скорлупы методом электронного парамагнитного резонанса / **А. А. Чуманова**, **Р. А. Вазиров**, и др. // В сборнике: Актуальные проблемы развития естественных наук. «Сборник статей участников XXIII Областного конкурса научно-исследовательских работ «Научный Олимп» по направлению «Естественные науки». – Екатеринбург, 2020. – С. 135-140.


В опубликованных работах достаточно полно отражены основные результаты и положения диссертации.

Диссертация «Исследование эффективности радиационной поверхностной обработки пищевой продукции низкоэнергетическим наносекундным электронным пучком» Вазирова Руслана Альбертовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.1. Радиобиология (биологические науки).

Заключение принято на заседании кафедры экспериментальной физики Физико-технологического института ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по итогам проведенного открытого научного семинара по теме «Исследование

эффективности радиационной поверхностной обработки пищевой продукции низкоэнергетическим наносекундным электронным пучком», докладчик Вазиров Руслан Альбертович. Присутствовало на заседании 18 человек. Результаты голосования: «за» – 18 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет (протокол № 114 от 16.06.2021 г.).

Иванов Владимир Юрьевич
канд. физ.-мат. наук, доцент,
Заведующий кафедрой
экспериментальной физики



Малкова Ирина Александровна
Ученый секретарь кафедры
экспериментальной физики

