

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.185.01 (Д 002.135.01),  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ

«НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УНИКАЛЬНОГО  
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ» РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ФГБУН НТЦ УП РАН)

ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 25 апреля 2022 года, №5

О присуждении Лысенко Александру Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Реконструкция пространственных распределений источников излучения в однофотонной эмиссионной компьютерной томографии в рассеивающей среде» по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики» принята к защите 21.02.2022 г. (протокол №19), диссертационным советом 24.1.185.01 (Д 002.135.01), созданным на базе ФГБУН НТЦ УП РАН, почтовый адрес: 117342, г. Москва, ул. Бутлерова, д. 15. Совет функционирует на основании приказа Минобрнауки России № 714/нк от 02.11.2012. После внесения частичных изменений состав утвержден приказом № 1179/нк от 15.11.2021 г. в количестве 17 человек.

Соискатель Лысенко Александр Юрьевич, 1993 года рождения, в 2017 году успешно окончил магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения Высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ «МИЭТ») по направлению 11.04.04 "Электроника и наноэлектроника" (диплом магистра 107705 0032689). В 2021 году окончил очную аспирантуру НИУ МИЭТ по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния». Работает старшим преподавателем института биомедицинских систем НИУ МИЭТ.

Диссертация выполнена в Институте биомедицинских систем (БМС) НИУ МИЭТ.

**Научный руководитель** – доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации Селищев Сергей Васильевич, директор института БМС, НИУ «МИЭТ».

Научный консультант – доктор физико-математических наук, профессор, Терещенко Сергей Андреевич, НИУ МИЭТ, профессор института БМС, НИУ «МИЭТ». Терещенко С.А. руководил работой аспиранта Лысенко А.Ю. до своей кончины в 2021 году.

**Официальные оппоненты:**

Потрахов Николай Николаевич – доктор технических наук по специальности 05.11.10 – «Приборы и методы для измерения ионизирующих излучений и рентгеновские приборы», профессор, заведующий кафедрой Электронных приборов и устройств Федерального государственного автономного образовательного учреждения Высшего образования «Санкт-Петербургский

государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (ФГАОУ ВО СПбГЭТУ «ЛЭТИ»);

Борщеговская Полина Юрьевна – кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.16 – «Физика атомного ядра и элементарных частиц», доцент кафедры Физики ускорителей и радиационной медицины Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения Высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (ФГБУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова)

дали положительные отзывы на диссертацию и автореферат.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение Высшего образования (ФГАОУ) «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в своем положительном заключении, подписанном доктором технических наук, старшим научным сотрудником кафедры «Техника, технология и строительство» Симоновым Е.Н. и к.т.н., доцентом, заведующим кафедрой «Техника, технология и строительство» Виноградовым К.М., и утвержденном д.т.н., профессором, проректором по научной работе Коржовым А.В., указала, что «диссертация является законченной работой, в которой на основании проведенных автором исследований изложены результаты решения научной проблемы по реконструкции пространственных распределений источников излучения в рассеивающей среде, имеющей важное значение для медицинской диагностики и терапии в отечественном здравоохранении». Диссертационная работа «Реконструкция пространственных распределений источников излучения в однофотонной эмиссионной компьютерной томографии в рассеивающей среде» отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК при Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а также соответствует паспорту специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики», а ее автор, Лысенко Александр Юрьевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Соискатель имеет 14 опубликованных научных работ по теме диссертации в ведущих отечественных и зарубежных изданиях, в том числе 6 в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. S. A. Tereshchenko, A. Yu. Lysenko. Single-photon emission computed tomography in the scattering medium with the property of "scattering straight back". Journal of Applied Physics. 2021, Vol. 129, p. 035101-1–035101-10 (IPF = 2.546, Q2).
2. Терещенко С.А., Лысенко А.Ю. Реконструкция пространственного распределения источников излучения в пропорциональной рассеивающей среде. Журнал технической физики, 2021, том 91, вып. 5, с. 732-742 (IPF = 0.957).
3. Терещенко С.А., Лысенко А.Ю. Исследование влияния рассеяния на точность реконструкции в однофотонной эмиссионной вычислительной томографии в пропорциональной рассеивающей среде. Медицинская техника, 2019, №5, с. 53-55 (IPF = 0.777)
4. Lysenko A.Yu. Comparison of Integral Reconstruction Methods in SPECT Based on Numerical Simulation of Detector's Count by the Monte Carlo Method Using the Geant4 System // Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, 2021, p. 2823-2826.

5. Lysenko A.Yu., Tereshchenko S.A. Correction of Radiation Scattering Influence in Single Photon Emission Computed Tomography // Proceedings of the 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, 2020, p. 2515-2518.
6. Lysenko A.Yu., Tereshchenko S.A., Pryanov I.V. Investigation of the scattering influence in single-photon emission computed tomography in a proportional scattering medium // Proceedings of the 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, 2019, p. 2324-2327.

В диссертационный совет поступило 5 отзывов на автореферат. Все отзывы положительные, содержат следующие замечания:

1. Долгушин Сергей Анатольевич, к.ф.-м.н., директор ООО «Айвок»: – Из текста автореферата не ясно, на каком вычислительном кластере были выполнены численные эксперименты по вычислению 50 млн. траекторий квантов для каждого фантома и сколько времени это заняло. В Заключение целесообразно указать численные значения в п. 5 и 7 во сколько раз точность реконструкции при помощи предложенного метода превзошла традиционный метод и в пункте 8 как она возрастает при увеличении коэффициента рассеяния модельного вещества.
2. Ильин Станислав Владимирович, к.ф.-м.н., ведущий менеджер по продуктам АО «Медицинские Технологии Лтд»: – В диссертационной работе сравнение точности реконструкции томограмм производится только с традиционным методом реконструкции, основанном на обратном экспоненциальном преобразовании Радона, в то время как в главе 1 перечислены и другие методы частичной коррекции влияния рассеяния.
3. Трегубов Дмитрий Олегович, к.ф.-м.н., научный сотрудник Физического института имени П.Н. Лебедева Российской академии наук: – В автореферате недостаточно подробно описаны детали процесса численного моделирования прохождения излучения через вещество исследуемого объекта. Возникает вопрос, учитывалось ли при численном моделировании с помощью Geant4 взаимодействие излучения не только с веществом исследуемой среды, но и с самим веществом источника излучения.
4. Павлов Георгий Яковлевич, к.ф.-м.н., советник заместителя генерального директора по науке акционерного общества «Научно-исследовательский институт точного машиностроения» (АО НИИТМ): – в работе рассмотрены преимущественно простые среды, состоящие из одного элемента, в то время как реальные среды состоят из нескольких химических элементов.
5. Рычагов Михаил Николаевич, д.ф.-м.н., профессор, старший менеджер по разработке ПО московского филиала корпорации «Алаин Текнолоджи Ресерч энд Девелопмент, Инк»: – В работе рассмотрены лишь двумерные источники излучения, расположенные исключительно в одном сечении исследуемого объекта.

На все замечания соискатель в процессе защиты дал аргументированные ответы. Во всех отзывах отмечается, что по своей актуальности, новизне и практической значимости диссертационная работа Лысенко А.Ю. на тему «Реконструкция пространственных распределений источников излучения в однофотонной эмиссионной компьютерной томографии в рассеивающей среде» является законченным научным трудом, имеющим важное научное и практическое значение. По широте научных исследований представленный автореферат

соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК Министерства образования и науки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор – Лысенко Александр Юрьевич – достоин присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается их высокой компетентностью и достижениями в предметной области диссертации, наличием публикаций по выполненным исследованиям, близким к тематике диссертационной работы соискателя, и, таким образом, способностью определить актуальность, научную и практическую ценность диссертации:

Официальный оппонент доктор технических наук Потрахов Николай Николаевич является крупным специалистом в области рентгенографии и рентгенодиагностики, в том числе и в области реконструкции томографических изображений, имеет свыше 150 научных работ, опубликованных в российских и международных изданиях.

Официальный оппонент кандидат физико-математических наук Борщеговская Полина Юрьевна является высококвалифицированным специалистом в области вычислительной томографии и имеет большой опыт проведения исследований, связанных с компьютерной томографией. Является автором более 100 публикаций, в том числе и в области реконструкции томограмм.

Сотрудники ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», где была заслушана диссертация и подготовлен отзыв, известны результатами своих исследований в области создания первого отечественного рентгеновского томографа, создания необходимых алгоритмов и программного обеспечения для его функционирования.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований** получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

- впервые в теории однофотонной эмиссионной томографии получены точные аналитические решения прямой задачи уравнения переноса излучения в однородной рассеивающей среде со свойством "рассеяние прямо назад" и на этой основе разработаны средства расчёта величины потока излучения на детекторе для по заданному распределению источников эмиссии;
- впервые получено точное решение обратной томографической задачи для однородной рассеивающей среды со свойством "рассеяние прямо назад" и на этой основе разработан метод реконструкции пространственных распределений источников излучения.

**Теоретическая и практическая значимость результатов исследований состоит в том, что** полученные точные аналитические решения прямой и обратной задачи уравнения переноса излучения в однородной рассеивающей среде с учётом влияния процесса рассеяния излучения назад имеют:

- фундаментальное значение (для математики);
- прикладное значение (для однофотонной эмиссионной компьютерной томографии), поскольку разработанный метод реконструкции эмиссионных томограмм в однородной рассеивающей среде превосходит используемый в настоящее время метод, не учитывающий рассеяние излучения, по точности, причем снижение погрешности реконструкции в некоторых условиях может достигать 3-х раз;

- социально-экономическое значение, т.к. достигнутые результаты могут применяться в здравоохранении (диагностика на основе компьютерной эмиссионной томографии), в ядерной физике и атомной промышленности.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

- результаты диссертационной работы использованы при выполнении фундаментальной НИР «Исследование влияния рассеяния излучения на реконструкцию пространственного распределения источников излучения с помощью моделирования траекторий частиц методом Монте-Карло» при поддержке РФФИ, а также при выполнении НИР «Разработка платформы для диагностики патологий на базе плазмонных биосенсоров и анализа траекторий наночастиц» при поддержке Министерства образования и науки РФ.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:**

- теория построена на известных фактах, проверяемых данных и согласуется с опубликованными данными по теме диссертации, посвящённой реконструкции пространственных распределений источников излучения в рассеивающих средах;
- численное моделирование траекторий гамма-квантов в рассеивающей среде проведено с помощью программного обеспечения (ядерно-физического комплекса Geant4), разрабатываемого в Европейской организации по ядерным исследованиям (ЦЕРН) более 20 лет и проходящего верифицирование каждые 5 лет. Таким образом, использованные при проведении исследования проекционные данные, полученные с помощью численного моделирования методом Монте-Карло, практически не отличаются от данных, получаемых с помощью реального томографа.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

- анализе и систематизации данных о существующих подходах к коррекции влияния рассеяния излучения в эмиссионной томографии;
- разработке и исследовании нового метода реконструкции пространственного распределения источников излучения;
- получении, обработке и интерпретации результатов численного моделирования и реконструкции томограмм в однофотонной эмиссионной компьютерной томографии.
- апробации результатов исследования на 12 всероссийских и международных конференциях, а также в подготовке 14 публикации по выполненной работе в изданиях, входящих в перечень ВАК, и рецензируемых иностранных изданиях.

**В ходе защиты диссертации** соискатель Лысенко А.Ю. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию. Во время дискуссии было высказано предположение о том, что точное аналитическое решение уравнения переноса излучения со свойством «рассеяние прямо назад» было получено ранее академиком Амбарцумяном В.А. в астрофизике. Однако, это решение относится к случаю трансмиссионной, а не эмиссионной томографии. Лысенко А.Ю. получено точное аналитическое решение уравнения переноса излучения в однородной рассеивающей среде со свойством "рассеяние прямо назад" как для прямой, так и обратной задач однофотонной эмиссионной томографии.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием

последовательного плана исследования, непротиворечивой методологической платформой, концептуальностью и взаимосвязью выводов.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалифицированную работу, соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ. В диссертационной работе представлено решение актуальной научной проблемы реконструкции пространственных распределений источников излучения в рассеивающей среде. Полученное решение имеет существенное значение для развития методов реконструкции в эмиссионной томографии. Полученные результаты могут быть использованы в том числе и для улучшения методов функциональной диагностики однофотонной эмиссионной компьютерной томографии в отечественной медицине.

На заседании 25 апреля 2022 года диссертационный совет в соответствии с критериями «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждёнными Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, принял решение присудить Лысенко Александру Юрьевичу. ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики». При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, их них – 5 докторов (физико-математических) наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики» по физико-математическим наукам, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 10, против – 2, недействительных – 1.

Председатель диссертационного совета,  
д.ф.-м.н

Пожар В.Э.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
к.ф.-м.н.

Великовский Д.Ю.

Подписи Пожара В.Э. и Великовского Д.Ю. заверяю  
Ученый секретарь НТЦ УП РАН,  
д.ф.-м.н.

Коваленко И.Б.



«27» апреля 2022 года.