

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.119.01
НА БАЗЕ Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН)
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от **08.09.2022** № **11/84**

О присуждении Ушакову Никите Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Разработка и создание полутонного прототипа Баксанского большого нейтринного телескопа» по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики» принята к защите 30 июня 2022г., протокол № 8/81 диссертационным советом Д002.119.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН), 117312, г.Москва, пр-т 60-летия Октября, 7а., приказ Министерства образования и науки России № 75/нк от 15 февраля 2013 года.

Соискатель Ушаков Никита Андреевич 1994 года рождения, В 2017 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» В 2021 г. соискатель окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН) по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики». В настоящее время работает в должности стажера-исследователя отдела экспериментальной физики ИЯИ РАН.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерных исследований Российской академии наук, в отделе экспериментальной физики.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук Лубсандоржиев Баярто Константинович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук, отдел экспериментальной физики, лаборатория гамма-астрономии и реакторных нейтрино, ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Рыкалин Владимир Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение Институт физики высоких энергий имени А.А. Логанова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», руководитель сектора сцинтилляционных и фотоэлектронных приборов, главный научный сотрудник.

Клименко Александр Адольфович, кандидат физико-математических наук, Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований, Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джелепова, старший научный сотрудник.

- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерной физики имени Г.И.Будкера Сибирского отделения Российской академии наук (ИЯФ СО РАН), в своем положительном заключении, подписанном Бузулуцковым Алексеем Фёдоровичем, доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником лаборатории 3-3 и утвержденном директором ИЯФ СО РАН, доктором физико-математических наук, академиком РАН, Логачёвым Павлом Владимировичем, указала, что диссертация Н.А. Ушакова удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (пп.9-14), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики.

Соискатель имеет 9 работ по теме диссертации, опубликованных в рецензируемых научных изданиях. Представленные соискателем сведения об

опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны. Текст опубликованных работ полностью соответствует тематике диссертации, они написаны либо при участии соискателя, либо им самостоятельно. Список работ, по результатам диссертационного исследования:

1. Yu.M. Malyshkin, A.N. Fazliakhmetov, A.M. Gangapshev, T.V. Ibragimova, M.M. Kochkarov, V.V. Kazalov, D.Yu. Kudrin, V.V. Kuzminov, B.K. Lubsandorzhiev, G.Ya. Novikova, V.B. Petkov, A.Yu. Sidorenkov, **N.A. Ushakov**, E.P. Veretenkin, D.M. Voronin, E.A. Yanovich. Modeling of MeV-scale particle detector based on organic liquid scintillator // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A, 2020. V.951. 162920;

2. Qi Wu, Sen Qian, Lishuang Ma, Jingkai Xia, Bayarto Lubsandorzhiev, Zhigang Wang, Yao Zhu, Haitao Li, **Nikita Ushakov**, Andrei Sidorenkov, Qianyu Hu, Jianing Sun, Shuguang Si. Study of after pulses in the 20-inch HQE-MCP-PMT for the JUNO experiment // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A, 2021. V.1003. 165351;

3. **N.A. Ushakov**, A.N. Fazliakhmetov, A.M. Gangapshev, V.N. Gavrin, T.V. Ibragimova, M.M. Kochkarov, V.V. Kazalov, D.Yu. Kudrin, V.V. Kuzminov, B.K. Lubsandorzhiev, A.D Lukanov, Yu.M. Malyshkin, G.Ya. Novikova, V.B. Petkov, A.A. Shikhin, A.Yu. Sidorenkov, E.P. Veretenkin, D.M. Voronin, E.A. Yanovich. New large-volume detector at the Baksan Neutrino Observatory: Detector prototype // Journal of Physics: Conference Series, V.1787, 012037 (2021);

4. **N. Ushakov**, A. Fazliakhmetov, A. Gangapshev, V. Gavrin, T. Ibragimova, M. Kochkarov, V. Kazalov, V. Kuzminov, B. Lubsandorzhiev, A. Lukanov, Yu. Malyshkin, G. Novikova, V. Petkov, A. Shikhin, A. Sidorenkov, O. Smirnov, E. Veretenkin, D. Voronin and E. Yanovich. A new Baksan Large Neutrino Telescope: the project's status // PoS (ICRC2021) 1188;

5. **N. Ushakov**, A. Fazliakhmetov, T. Ibragimova, V. Gavrin, B. Lubsandorzhiev, A. Lukanov, A. Shikhin, A. Sidorenkov and D. Voronin. Evaluation of large area photomultipliers for use in a new Baksan Large Neutrino Telescope project // PoS (ICRC2021) 1101;

6. D. Voronin, A. Fazliakhmetov, V. Gavrin, T. Ibragimova, B. Lubsandorzhev, A. Lukanov, A. Shikhin, A. Sidorenkov and **N. Ushakov**. Development of calibration system for a project of a new Baksan Large Neutrino Telescope // PoS (ICRC2021) 1100.
7. L.B. Bezrukov, A. Virkajarvi, T. Enqvist, J. Joutsenvaara¹, V.V. Kazalov, S.D. Krokhaleva, J. Kutuniva, P. Kuusiniemi, K. Loo, B.K. Lubsandorzhev, S.B. Lubsandorzhev, G. Misitano, A.Yu. Sidorenkov, M. Slupecki, W. Trzaska, **N.A. Ushakov**. New Low-Background Laboratory in the Pyh asalmi Mine, Finland // Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2018. Т.49. N.4. P.769-773;
8. S. Lubsandorzhev, A. Sidorenkov, B. Lubsandorzhev, S. Ponomarenko, N. Surin, O. Borshev, **N. Ushakov**, N. Lubsandorzhev. Development of new liquid scintillators for neutrino experiments of next generation // PoS (ICRC2019) 946;
9. V.B. Petkov, A.N. Fazliakhmetov, A.M. Gangapshev, V.N. Gavrin, T.V. Ibragimova, M.M. Kochkarov, V.V. Kazalov, D.Yu. Kudrin, V.V. Kuzminov, B.K. Lubsandorzhev, Yu.M. Malyshkin, G.Ya. Novikova, A.A. Shikhin, A.Yu. Sidorenkov, **N.A. Ushakov**, E.P. Veretenkin, D.M. Voronin, E.A. Yanovich. Baksan Large volume scintillation telescope: a current status // Journal of Physics: Conference Series. V.1468, 012244 (2020).

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы оппонентов и ведущей организации, в которых отмечено, что работа представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне, и полностью отвечает всем требованиям к кандидатским диссертациям, предъявляемым Положением о порядке присуждения ученых степеней, утверждённым Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.

Отмечены следующие критические замечания:

- На стр. 12, в первом абзаце, реакция радиационного поглощения нейтрона ядрами кадмия написана правильно, но приведённая её трактовка - не совсем: дело в том, что испускается не один гамма-квант с энергией 3 – 10 МэВ, а несколько квантов с указанной энергией и средней множественностью 4.

Аналогичная неточность имеет место и на стр. 23 относительно радиационного захвата нейтрона ^{157}Gd .

- Вместо термина «шифтер» более уместным было бы использование выражения «вторичная спектросмещающая добавка».
- Остаётся неясным, почему нельзя сразу приготовить сцинтиллятор на основе LAB с необходимой концентрацией РОРОР, а не рассматривать вариант использования для этого концентрат РОРОР в LAB, что невозможно из-за недостаточной растворимости РОРОР?
- На стр. 73 трактовка причины появления пика послеимпульсов во временном распределении пролёта фотоэлектронов, гласящая, что выбитый из фотокатода фотоэлектрон может упруго рассеяться на первом диноде, а потом снова вернуться к первому диноду и выбить из него вторичные электроны, требует более строгого подтверждения. Действительно, время пролёта таких электронов до анода согласно Рис. 4.14 составляет более 60 нс, что наводит на мысль о возможности оптической связи анодного узла ФЭУ с фотокатодом.
- Нейлоновая сфера в эксперименте Борексина имеет радиус 4.25 м, а не диаметр (стр. 20).
- Изотоп гадолиния ^{157}Gd имеет сечение захвата тепловых нейтронов 254 кб, 49 кб это сечение захвата у естественного гадолиния с суммарной энергией гамма-квантов порядка 8 МэВ (стр. 23).
- Источником нейтронов в породе являются также (α, n) реакции (стр. 35).
- На стр. 46 в Табл. 4 для образца стали, концентрации ^{238}U и ^{232}Th имеют неверный пересчет от мБк/кг к ррб.
- На стр. 51 на Рис. 3.3 не указаны энергия гамма-источника, световыходы и разрешения для представленных спектров.
- На стр. 56 на Рис. 3.8 не указана энергия гамма-источника.
- В диссертации используется термин «жидкие сцинтилляторы». Наряду с жидкими органическими сцинтилляторами, используемыми при комнатной температуре и являющимися объектом исследования в данной работе, в этот класс сцинтилляторов входят также и криогенные жидкие неорганические

сцинтилляторы на основе благородных газов. Поэтому правильнее было бы использовать термин «жидкие органические сцинтилляторы», чтобы не возникало путаницы.

- Не дано определения единицы потока нейтрино TNU (terrestrial neutrino unit).
- С практической точки зрения интересно знать, какая компания изготавливала те или иные элементы конструкции детектора. Если про ФЭУ, электронику и сцинтиллятор это описано конкретно, то, например, про акриловую сферу такого описания не дано.
- На Рис. 3.7 показана зависимость относительного световыхода сцинтиллятора на основе LAB с добавлением PPO от концентрации шифтера bis-MSB, из которой видно, что даже при нулевой концентрации шифтера световыход в пределах ошибок почти не снижается. Может стоило тогда отказаться от шифтера совсем? Следовало бы это прокомментировать.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией ученых и наличием работ высокого уровня по сходной тематике.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Разработан и создан полутонный прототип Баксанского большого нейтринного телескопа;
- Разработана и создана электронная система регистрации событий полутонного прототипа Баксанского большого нейтринного телескопа;
- Разработано и создано программное обеспечение для контроля, управления и сбора данных прототипа Баксанского большого нейтринного телескопа;
- Разработаны и созданы методы и средства отбора, тестирования и исследования параметров фотоэлектронных умножителей полутонного прототипа Баксанского большого нейтринного телескопа;
- Исследованы детекторные элементы полутонного прототипа Баксанского большого нейтринного телескопа.

Практическая значимость полученных результатов подтверждается успешной эксплуатацией прототипа Баксанского большого нейтринного телескопа в БНО ИЯИ РАН, а также активным использованием результатов работы в проектировании следующих этапов проекта Баксанского большого нейтринного телескопа. Результаты находятся в соответствии с результатами, полученными другими авторами. Осуществление проекта Баксанского большого нейтринного телескопа в силу выгодного месторасположения телескопа позволит получить многозадачный нейтринный детектор на новом уровне чувствительности. Полутонный прототип является первым этапом работ по этому проекту. Создание полутонного прототипа позволяет решить задачи по выбору фотодетекторов, жидкого сцинтиллятора, активных и пассивных вето детекторов, достижения низкого уровня внутренней радиоактивности материалов детектора и т.д., позволит выбрать пути дальнейшего развития проекта ББНТ. В диссертационной работе показано, что разработанный и созданный полутонный прототип в дальнейшем может быть удобной платформой для развития технологий создания сверхчистых высокоэффективных жидких органических сцинтилляторов, например, с пониженным содержанием радиоактивного изотопа ^{14}C , фотодетекторов с ультранизким уровнем внутренней радиоактивности, а также позволит тестировать фотодетекторы отечественного производства, тем самым способствуя возрождению разработок и производства фотодетекторов в России.

Личный вклад соискателя состоит в получении основных результатов диссертации, выносимых на защиту. Соискатель принимал активное участие в разработке полутонного прототипа Баксанского большого нейтринного телескопа. Соискателю принадлежит ключевая роль в разработке системы регистрации детектора. Соискателем лично выполнен монтаж и настройка системы регистрации детектора, разработан и создан измерительный стенд для исследования параметров фотоумножителей и выполнены все измерения параметров, результаты которых представлены в диссертации. Соискателем лично выполнена разработка всего программного обеспечения системы регистрации.

При непосредственном участии соискателя проведены работы по разработке и созданию жидкого органического сцинтиллятора прототипа и измерены его характеристики. Соискателю принадлежит ключевая роль в монтаже детектора. Соискателем лично рассчитан поток реакторных нейтрино в точке расположения детектора, выполнена калибровка фотоэлектронных умножителей по усилению, выполнена калибровка детектора радиоактивными источниками, измерены скорости счёта установки и измерен поток мюонов с помощью прототипа детектора.

На заседании 8 сентября 2022 года диссертационный совет принял решение присудить Ушакову Н.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования, с использованием информационно-коммуникационных технологий, диссертационный совет в количестве 20 человек (в т. ч. 5 - в удаленном интерактивном режиме), из них 7 докторов наук по специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: **за- 20, против -0.**

Председатель заседания,
заместитель председателя
диссертационного совета Д 002.119.01
доктор физ.-мат. наук

_____ Безруков Л.Б.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 002.119.01
кандидат физ.-мат. наук

_____ Демидов С.В.

08.09.2022 г.

м.п.