

Заключение

диссертационного совета Д 520.009.03 по диссертации Г.А. Лукьянченко «Экспериментальный комплекс на базе быстрых оцифровщиков формы импульса в составе детектора Борексина для регистрации нейтринного излучения от астрофизических источников» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 «Физика атомного ядра и элементарных частиц»

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований разработан и реализован новый экспериментальный комплекс в составе детектора Борексина для регистрации нейтринного излучения от астрофизических источников. Получены новые данные о наработке изотопов ^{12}B , ^{12}N , ^9Li , ^8He и нейтронов в жидких органических сцинтилляторах под действием мюонного излучения в подземных лабораториях.

Наиболее существенные научные результаты, полученные соискателем, состоят в следующем:

1. Предложена новая архитектура экспериментального комплекса в составе экспериментальной платформы Борексина для регистрации нейтринного излучения от астрофизических источников на базе быстрых оцифровщиков формы импульса с использованием гибкой триггерной системы.

2. Разработан уникальный Курчатовский электронно-измерительный комплекс (КЭИК) для регистрации нейтринного излучения от астрофизических источников, основанный на предложенной архитектуре и расширивший спектрометрические возможности детектора Борексина.

3. Введены новые алгоритмы в процесс оффлайн-анализа данных эксперимента Борексина, включающие в себя поиск событий в данных КЭИК, оценку их энерговыделения в детекторе, идентификацию мюонных, сцинтилляционных и шумовых событий, а также интеграцию данных КЭИК в единую структуру анализа Борексина.

4. Доказано, что использование обучаемых алгоритмов для анализа формы импульса от фотоэлектронного умножителя в жидко-сцинтилляционном детекторе Борексина повышает эффективность регистрации космических мюонов.

5. Доказано на основе измерений с помощью КЭИК, что скорость наработки космогенных радиоактивных элементов и нейтронов, образующихся при взаимодействии космических мюонов с жидким органическим сцинтиллятором на основе псевдокумола на глубине 3800 м водного эквивалента, составляет $Y_{^{12}\text{B}} = (55.6 \pm 2.5_{\text{стат}} \pm 2.1_{\text{сист}}) \cdot 10^{-7}$ шт/(мюон \cdot (г/см 2)) для ^{12}B , $Y_{^{12}\text{N}} < 1.1 \cdot 10^{-7}$ шт/(мюон \cdot (г/см 2)) для ^{12}N , $Y_{^8\text{He}} < 0.042 \cdot 10^{-7}$ шт/(мюон \cdot (г/см 2)) для ^8He , $Y_{^9\text{Li}} = (2.9 \pm 0.3) \cdot 10^{-7}$ шт/(мюон \cdot (г/см 2)) для ^9Li , $Y_{\text{n}} = (2.87 \pm 0.07_{\text{стат}} \pm 0.15_{\text{сист}}) \cdot 10^{-4}$ п/(мюон \cdot (г/см 2)) для нейтронов, причём средняя кратность рождения нейтронов $M = (3.61 \pm 0.08_{\text{стат}} \pm 0.07_{\text{сист}})$ п/мюон.

Теоретическая значимость исследования обусловлена тем, что полученные соискателем новые данные о параметрах наработки космогенных элементов могут быть использованы для тестирования теорий взаимодействия мюонов с веществом и оценки космогенного фона в будущих низкофоновых экспериментах. Разработанные на основе принципов машинного обучения алгоритмы анализа экспериментальных данных продемонстрировали возможность их применения в актуальных задачах распознавания типа частицы по форме сцинтилляционного импульса.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что разработан и введён в действие экспериментальный комплекс в составе детектора Борексино, оптимизированный для регистрации нейтрино от астрофизических источников. Комплекс используется для изучения нейтрино от вспышек сверхновых, от космических гамма-всплесков и от распадов радиоактивных изотопов в недрах Земли (гео-нейтрино). С целью устранения мертвого времени между событиями для организации гибкого триггера в экспериментальном комплексе эффективно применена система на базе электронной программируемой логической матрицы. Разработанные алгоритмы отбора событий, вызванных взаимодействиями космических мюонов с веществом детектора, и данные о космогенных фонах могут применяться при решении других задач в эксперименте Борексино, в том числе актуальной задачи регистрации нейтринного потока от реакций CNO-цикла на Солнце. Архитектура разработанного экспериментального комплекса может быть применена для совершенствования методик регистрации частиц в будущих детекторах нейтрино и темной материи. Результаты диссертационной работы могут быть использованы при создании будущих установок для регистрации нейтрино и гипотетических частиц темной материи как российскими (НИЦ «Курчатовский Институт», НИИЯФ МГУ и др.), так и зарубежными научными центрами.

Оценка **достоверности** результатов исследования выявила: полученные соискателем результаты по скорости наработки изотопов ^{12}B , ^{12}N , ^9Li , ^8He и нейтронов при взаимодействии мюонов с жидким органическим сцинтиллятором находятся в согласии с результатами других подземных экспериментов (KamLAND, LVD). При проектировании экспериментального комплекса соискателем были использованы современные подходы к построению подобных систем, а методы энергетической калибровки были убедительно обоснованы. Детектор Борексино, на котором базировалось исследование, является известным научным инструментом, с его помощью ранее уже было получено большое количество значимых и подтверждённых научных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в разработке и реализации аппаратной и программной части экспериментального комплекса КЭИК, разработке и внедрении новых алгоритмов идентификации типа частицы, решении задачи анализа космогенного фона в Борексино, подготовке публикаций, апробации результатов на конференциях.

В соответствии с п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» результаты, полученные в диссертации Г.А. Лукьянченко, следует квалифицировать как существенный вклад в развитие физики регистрации нейтрино от астрофизических источников.

* * *

На заседании 31 мая 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Лукьянченко Г.А. искомую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек (из 21 чел., входящих в состав совета), из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, проголосовал:

«за» – 14, «против» и недействительных бюллетеней нет.

На заседании присутствовали члены совета:

Мартемьянов В.П., Барабанов А.Л., Васильев А.Н., Данилян Г.В., Зайцев А.М., Зайцев Ю.М., Зверев М.В., Иванов Ю.Б., Копейкин В.И., Мартемьянов Б.В., Саперштейн Э.Е., Скорохватов М.Д., Хромов К.Ю., Эфрос В.Д.