

Отзыв научного руководителя
на диссертацию Белова Владимира Александровича
«Исследование космогенных источников фона в
эксперименте EXO-200»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.23 – Физика высоких энергий

Диссертационная работа Белова Владимира Александровича посвящена исследованию источников фона, создаваемых космическим излучением, в эксперименте EXO-200 по поиску безнейтринного двойного бета-распада ^{136}Xe . Результаты таких поисков представляют большую важность для современной физики частиц, так как обнаружение такого распада означало бы открытие «новой» физики за рамками Стандартной Модели. Для экспериментов по поиску редких процессов требуется низкий уровень фона и детальное понимание его источников. Некоторые источники фона вызываются космическими мюонами (даже в подземных лабораториях), одним из которых является ^{137}Xe , представляющий особую опасность для EXO-200, так как способен имитировать сигнал.

Основная работа состояла в моделировании взаимодействий космических мюонов с целью определения возможного фона от создаваемых радиоактивных изотопов и их распадов. Для проведения расчетов были доработаны модели установки, созданные с помощью известных программ Geant4 и FLUKA. Настройка физических процессов в модели была проверена расчетом генерации нейтронов мюонами и сравнением с опубликованными данными. Был проведен расчет состава изотопов, возникающих в установке EXO-200 при прохождении мюонов космического излучения. Вычисления потребовали значительных компьютерных ресурсов в десятки тысяч ядер-часов. Оптимизации, сделанные В.А. Беловым, позволили провести расчеты за меньшее время даже на более детальной и сложной модели, при сохранении точности.

В результате моделирования был получен обширный список изотопов активации. В.А. Беловым был разработан специальный метод проверки изотопов из списка, который позволил исключить 98%, как гарантированно не дающих вклада в области поиска безнейтринного двойного бета-распада. Оставшиеся изотопы были детально исследованы, особое внимание было уделено активационным производным ксенона. Окончательно был составлен список из 8 наиболее опасных изотопов.

Отдельно исследовались процессы захвата нейтронов, вызванных мюонами, в материалах установки. Из всего объема набранных данных были отобраны события, совпадающие по времени с задержанным сигналом мюонного вето. Такой отбор позволил выделить события с мгновенным излучением гамма-квантов при захвате нейтронов. Анализ спектров показал, что захват нейтронов происходит на ядрах ^1H , ^{134}Xe , ^{136}Xe , ^{63}Cu , ^{65}Cu , ^{19}F . Было проведено моделирование событий с

мгновенным излучением от захвата нейтронов на этих ядрах с использованием информации о пространственном и временном распределении захватов. Были измерены скорости активации изотопов, с учетом вычисленной эффективности, вследствие захвата нейтронов, вызываемых прохождением мюонов космического излучения в детекторе EXO-200. Данные измерений находятся в согласии с расчетами, что подтверждает корректность полученных результатов об активации остальных изотопов. Показано также, что измеренные скорости распада и активации совпадают друг с другом и с результатами моделирования в пределах ошибок.

В результате анализа данных и расчетов было показано, что единственным изотопом, дающим реальный вклад в область поиска безнейтринного двойного бета-распада является ^{137}Xe .

Основные результаты диссертации изложены в 5 работах, но, стоит отметить, что В.А. Белов является активным участником и автором остальных публикаций коллаборации EXO-200.

В процессе выполнения диссертационной работы В.А. Белов проявил себя исключительно добросовестным, вдумчивым и зрелым исследователем, способным четко определить и сформулировать цели и задачи, глубоко осмысливать и анализировать полученные результаты, определить необходимые методы исследования. Он продемонстрировал высокий научный потенциал, как при постановке экспериментов, так и при обработке и интерпретации экспериментальных данных. Надо отметить, что В.А. Белов создал и запустил в эксплуатацию центр дистанционного контроля и управления установкой EXO-200, единственный в ИТЭФ, с помощью которого физики ИТЭФ помогают управлять установкой с 2012 года.

За время работы в лаборатории В.А. Белов проявил себя как разносторонний физик-экспериментатор, успешно работая не только над своей диссертационной темой, но и эффективно участвуя в других известных экспериментах: Zeplin III (поиск темной материи), РЭД-100 и COHERENT (поиск когерентного рассеяния нейтрино на ядрах), nEXO (проектируется, поиск безнейтринного двойного бета-распада). В целом соискателя можно охарактеризовать как сложившегося научного работника, способного решать сложные научные задачи. Следует также отметить владение инструментами экспериментальной физики, от электроники до цифровой обработки данных, от моделирования до анализа данных.

Методика расчета фоновых составляющих от активационных изотопов, разработанная В.А. Беловым, может быть использована в будущем эксперименте nEXO.

В настоящее время В.А. Белов является руководителем гранта РФФИ-18-02-00550 «Вторая фаза эксперимента EXO-200 по поиску безнейтринного двойного бета-распада ^{136}Xe »

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, является законченной и цельной научно-исследовательской работой и соответствует всем требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней. Результаты диссертационной работы опубликованы в международных рецензируемых журналах с высоким импакт-фактором, были доложены и обсуждались на международных конференциях и семинарах в ведущих российских центрах. Автореферат правильно и полно отражает

жает содержание диссертации.

На основании изложенного считаю, что Белов Владимир Александрович проявил себя как талантливый физик и несомненно достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель:
начальник лаборатории
физики сильных взаимодействий
НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ,
кандидат физ.-мат. наук



Зельдович Ольга Яковлевна

«3» 09 2018

117218 г. Москва, ул. Большая Черемушкинская, 25,
тел. +7 (499) 789-6304, e-mail: zeldovic@itep.ru

Подпись О. Я. Зельдович заверяю:

Ученый секретарь диссертационного совета
НИЦ «Курчатовский институт» – ИТЭФ,
кандидат физ.-мат. наук



Васильев Валерий Васильевич

