

## ОТЗЫВ

официального оппонента  
на диссертацию Сидорчука Сергея Ивановича  
**«Исследования структуры тяжёлых изотопов гелия  
в реакциях передачи и выбивания»,**  
представленную на соискание учёной степени  
доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16  
«Физика атомного ядра и элементарных частиц».

Предмет диссертации Сидорчука С.И. – экспериментальное исследование структуры нейтроноизбыточных изотопов гелия  $^{6,8,10}\text{He}$ .

Проблема экспериментального наблюдения таких систем заключается в том, что они могут быть получены всего двумя способами: выбивание нуклона или кластера из исходного нейтроноизбыточного ядра, и передача нейтронов на  $^8\text{He}$ . При этом оба способа подразумевают использование вторичных пучков радиоактивных ядер и требуют преодоления методических проблем, связанных с низкой интенсивностью вторичных пучков. Возможности для исследования реакции выбивания появились ещё 20 лет назад, но исследования реакций передачи нейтронов стали возможными исключительно благодаря появлению в ЛЯР ОИЯИ уникального устройства, каким является криогенная тритиевая мишень.

Первая глава диссертации посвящена описанию экспериментальных устройств, обеспечивающих необходимую светимость вторичных пучков радиоактивных ядер на мишени.

Наиболее экзотический изотоп, каким является  $^{10}\text{He}$ , представляет собой нуклонно-нестабильную ядерную систему с «магическими» числами протонов и нейтронов которая характеризуется максимальным значением отношения  $N/Z$ . Достаточно долгое время магические числа, соответствующие замкнутым  $s$ - и  $p$ -оболочкам  $^{10}\text{He}$ , являлись основанием для ожиданий повышенной стабильности, в частности малой ширины и энергии резонансного состояния  $^{10}\text{He}$ .

Во второй главе описывается экспериментальная методика и результаты измерений спектра возбуждения ядра  $^{10}\text{He}$ , полученного в реакции

${}^3\text{H}({}^8\text{He}, p){}^{10}\text{He}$  передачи двух нейтронов на  ${}^8\text{He}$ . Наблюдение угловых и энергетических корреляции продуктов распада  ${}^{10}\text{He}$  позволили, в рамках определённых предположений относительно механизма передачи и испускания нейтронов, сделать заключение о спин-чётностях основного и двух возбуждённых состояний. Вопреки ожиданиям, энергия и ширина основного состояния  ${}^{10}\text{He}$ , наблюдавшегося в реакции передачи нейтронов, оказались довольно большими. Более того, последовательность первых возбуждённых уровней, наблюдавшаяся в экспериментах, свидетельствует о нарушении в  ${}^{10}\text{He}$  оболочечных закономерностей, характерных для обычных ядер, расположенных вблизи линии  $\beta$ -стабильности. Эти нарушения проявляются в исчезновении энергетического зазора между  $1p$ - и  $2s$ -оболочками. Этот результат находится в противоречии с данными, полученными в реакциях выбивания, и для его понимания требуются дополнительная экспериментальная информация.

Интерпретация спектров, полученных в ядерных реакциях, базируется на использовании приближённых моделей начального (модель спектатора) и конечного (модель Мигдала-Ватсона) состояний. Чтобы судить о степени соответствия этих моделей экспериментальным результатам была исследована реакция  ${}^4\text{He}({}^6\text{He}, 2\alpha)2n$  квазисвободного рассеяния  ${}^4\text{He}$  на  $\alpha$ -частице, связанной в  ${}^6\text{He}$ . Аналогия между реакциями, приводящими к рождению  ${}^{10}\text{He}$  и динейтрона, позволяет предположить, что в реакции выбивания  $\alpha$ -частицы из  ${}^6\text{He}$  должно наблюдаться широкое виртуальное состояние динейтрона с максимумом сечения в области около 100 кэВ.

В третьей главе диссертации подробно обсуждаются результаты эксперимента, посвящённого изучению реакции  ${}^4\text{He}({}^6\text{He}, 2\alpha)2n$ . Поскольку угловые и энергетические корреляции двух совпадающих  $\alpha$ -частиц хорошо описываются амплитудой свободного  $\alpha$ - $\alpha$  рассеяния, модель спектатора хорошо работает в случае слабосвязанных ядер, подобных  ${}^6\text{He}$ , даже при относительно малой энергии налетающей частицы 25А МэВ. Было также показано, что волновая функция начального состояния в значительной мере

зависит от взаимодействия нейтронов в конечном состоянии. Таким образом, особенности движения частиц в выходном канале реакции выбивания определяются сложной комбинацией как начального, так и конечного состояний, что необходимо принимать во внимание при интерпретации спектров, полученных в реакциях выбивания нуклонов или кластеров.

Изучение реакции квазисвободного выбивания тритона из  ${}^6\text{He}$  позволило также сделать вывод о том, что помимо борромиевской конфигурации  $\alpha$ - $n$ - $n$  в теоретических моделях  ${}^6\text{He}$  необходимо принимать во внимание вклад ещё одной трёхтельной борромиевской конфигурации  $t$ - $d$ - $n$ , все три подсистемы которой также не являются связанными системами. Этот результат находится, однако, в некоем противоречии с утверждением автора, что «трёхтельная волновая функция  ${}^6\text{He}$  считается хорошо установленной».


В целом представленная диссертация является важным фрагментом той уникальной мозаики нуклидов, которая в течение многих лет создаётся в Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флёрва, и расширяет её границы в область нейтронно-избыточных ядер. Диссертация написана внятным языком и характеризуется ясной постановкой задачи, чёткой реализацией эксперимента и взвешенным обсуждением его результатов.

Недостатком работы, на мой взгляд, является отсутствие обстоятельного сравнения двух методов получения  ${}^{10}\text{He}$  – в реакциях передачи и выбивания (особенно различий их результатов), а также довольно частая отсылка к загадочной «мягкой дипольной моде» в тех случаях, когда не удаётся интерпретировать результаты экспериментов на базе существующих моделей. Кроме того, как мне кажется, создатели уникальной тритиевой мишени заслуживают специальной благодарности.

В целом диссертационная работа Сидорчука С.И. удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-математических наук. Автореферат соответствует тексту диссертации.

По итогам проведённых исследований Сидорчук С.И. заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 «физика атомного ядра и элементарных частиц».

Главный эксперт ВНИИНМ им. А.А. Бочвара,  
академик

 Л.И. Пономарёв

Учёный секретарь ВНИИНМ им. А.А. Бочвара

 М.В. Поздеев

