

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 720.001.06

на базе Объединённого института ядерных исследований

(международная межправительственная организация)

по диссертации на соискание учёной степени

доктора физико-математических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27 октября 2017 г. №243

о присуждении **Сидорчуку Сергею Ивановичу**

ученой степени доктор физико-математических наук.

Диссертация «Исследования структуры тяжелых изотопов гелия в реакциях передачи и выбивания» в виде рукописи по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц принята к защите 28 апреля 2017, протокол №241 диссертационным советом Д720.001.06 на базе международной межправительственной организации Объединённый институт ядерных исследований, 141980, г. Дубна Московской обл., ул. Жолио-Кюри, д. 6.

Соискатель Сидорчук Сергей Иванович 1961 года рождения в 1984 году окончил Московский инженерно-физический институт, 115409, г. Москва, Каширское ш., д. 31. Диссертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук “Экспериментальное исследование изотопов водорода $^{4,5,7}\text{H}$ в реакциях на пучках ядер ^3H и ^8He ” в виде рукописи по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц защитил в 2004 году в диссертационном совете Д720.001.06 на базе международной межправительственной организации Объединённый институт ядерных исследований, 141980, г. Дубна Московской обл., ул. Жолио-Кюри, д. 6.

Соискатель работает заместителем директора Лаборатории ядерных реакций им Г.Н. Флерова по научной работе в Объединённом институте ядерных исследований, 141980 г. Дубна Московской обл. ул. Жолио-Кюри, д. 6 с 1984-го года по настоящее

время.

Диссертация выполнена в Лаборатории ядерных реакций им Г.Н. Флерова международной межправительственной организации Объединённого института ядерных исследований, 141980 г. Дубна Московской обл. ул. Жолио- Кюри, д. 6.

Официальные оппоненты:

- Пономарев Леонид Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, академик РАН, главный эксперт Высокотехнологического научно-исследовательского института неорганических материалов им. А.А. Бочвара,
- Оглоблин Алексей Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, руководитель отделения НИЦ «Курчатовский институт» и
- Кадменский Станислав Георгиевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой ядерной физики Воронежского государственного университета, дали положительные отзывы о диссертации.

Отзыв ведущей организации, Российского федерального ядерного центра – Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики, г. Саров Нижегородской обл., пр. Мира, д. 37, подготовленный Завьяловым Н.В., доктором физико-математических наук, директором Института ядерной и радиационной физики, и Генераловым Л.Н., кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником, утвержденный директором Федерального ядерного центра, доктором технических наук В.Е. Костюковым, также является положительным.

В заключении ведущей организации отмечается, что диссертация С.И. Сидорчука посвящена исследованиям структуры тяжелых изотопов гелия, расположенных вблизи границы нуклонной стабильности, а также изучению влияния механизма реакции на спектр резонансных состояний.

Структура ядер $^{8,10}\text{He}$ изучалась в экспериментах на фрагмент-сепараторе АКУЛИНА (ЛЯР) с использованием вторичных пучков радиоактивных ядер $^{6,8}\text{He}$ и комплекса тритиевой мишени. В реакции передачи двух нейтронов с трития на ^6He и ^8He заселялись состояния ^8He и ^{10}He , соответственно. Интерес к этим ядерным системам, первое из которых является нуклонно-стабильным, а второе не связано относительно распада на ^8He и два нейтрона, обусловлен наличием замкнутой нейтронной подоболочки $p3/2$ в ^8He , и

p -оболочки в ^{10}He , которые, согласно оболочечной модели, должны обеспечивать повышенную стабильность этих ядер.

С точки зрения методики эксперимента, проведенные измерения являются уникальными и принципиально не могли быть выполнены ранее или в какой-либо другой лаборатории, поскольку в них использовалась комбинация вторичного пучка и радиоактивной газовой мишени.

В результате проведенных исследований был получен спектр возбуждения ядра ^{10}He . Корреляционные измерения угловых и энергетических распределений продуктов распада этого ядра позволили выявить основное и возбужденные состояния ядра, а также определить спины и четности этих состояний. Наблюдаемая последовательность уровней ^{10}He свидетельствует о нарушении основных закономерностей оболочечной модели, которое выражается в исчезновении энергетического зазора между $1p$ и $2s$ оболочками.

В спектре ^8He над порогом распада $^8\text{He} \rightarrow ^6\text{He} + n + n$, полученном в аналогичной реакции передачи двух нейтронов с трития на ^6He , обнаружена особенность энергетической зависимости сечения, указывающая на возможность возбуждения мягкой дипольной моды в ^8He .

В результате детального исследования реакции квазисвободного рассеяния на виртуальной α -частице из ядра ^6He , было показано, что спектры несвязанных систем, которые получают в реакциях выбивания, в частности, спектр возбуждения «динейтронной» системы в реакции $^4\text{He}(^6\text{He}, 2\alpha)2n$, имеет сложную природу и на его формирование значительное влияние оказывает волновая функция начального состояния.

Подходы, выработанные в результате анализа угловых и энергетических корреляций продуктов реакции квазисвободного рассеяния, были использованы для изучения экзотических конфигураций ядра ^6He .

По результатам исследований, составивших основу диссертации, опубликовано 19 работ, из них 14 – в изданиях, входящих в перечень ВАК, 16 печатных работ включены в информационные базы РИНЦ, Web of Science и SCOPUS:

1. Л.В. Григоренко, М.С. Головков, С.А. Крупко, С.И. Сидорчук, Г.М. Тер-Акопьян, А.С. Фомичев, В. Худоба. *Исследования легких экзотических ядер вблизи границы*

стабильности в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Успехи физических наук т. 186 №4 (2016) 337-386.

2. С.И. Сидорчук, А.А. Безбах, Р. Вольски, М.С. Головков, А.В. Горшков, В.А. Горшков, Л.В. Григоренко, И.А. Егорова, Г. Каминьски, С.А. Крупко, Е.А. Кузьмин, Е.Ю. Никольский, Ю.Ц. Оганесян, Ю.Л. Парфенова, Р.С. Слепнев, С.В. Степанцов, Г.М. Тер-Акопьян, А.С. Фомичев, В. Худоба, П.Г. Шаров, П. Ялувкова. *Корреляционные исследования низкоэнергичного спектра ^{10}He* , Изв. РАН, серия физическая, т. **77**, №4 (2013) 398-403.
3. A.S. Fomichev, A.A. Bezbakh, V. Chudoba, I.A. Egorova, S.N. Ershov, M.S. Golovkov, A.V. Gorshkov, L.V. Grigorenko, P. Jaluvkova, G. Kaminski, S.A. Krupko, E.A. Kuzmin, E.Yu. Nikolskii, I.G. Mukha, Yu.L. Parfenova, P.G. Sharov, S.I. Sidorchuk, R.S. Slepnev, S.V. Stepantsov, G.M. Ter-Akopian, R. Wolski, M.V. Zhukov, A.A. Yukhimchuk, S.V. Filchagin, A.A. Kirdyashkin, I.P. Maksimkin, O.P. Vikhlyantsev. *Recent results related to excited states of ^6Be and ^{10}He* . Eur. Phys. J., **38** (2012) 15002-1-6.
4. S.I. Sidorchuk, A.A. Bezbakh, V. Chudoba, I.A. Egorova, A.S. Fomichev, M.S. Golovkov, A.V. Gorshkov, V.A. Gorshkov, L.V. Grigorenko, P. Jaluvkova, G. Kaminski, S.A. Krupko, E.A. Kuzmin, E.Yu. Nikolskii, Yu.Ts. Oganessian, Yu.L. Parfenova, P.G. Sharov, R.S. Slepnev, S.V. Stepantsov, G.M. Ter-Akopian, R. Wolski, A.A. Yukhimchuk, S.V. Filchagin, A.A. Kirdyashkin, I.P. Maksimkin, O.P. Vikhlyantsev. *^{10}He low-lying states structure uncovered by correlations*. Phys. Rev. Lett., **108** (2012) 202502-1-5.
5. S.I. Sidorchuk, A.S. Fomichev, M.S. Golovkov, A.V. Gorshkov, L.V. Grigorenko, V.A. Gorshkov, S.A. Krupko, Yu.Ts. Oganessian, A.M. Rodin, R.S. Slepnev, S.V. Stepantsov, G.M. Ter-Akopian, R. Wolski, A.A. Korshennikov, E.Yu. Nikolskii, P. Roussel-Chomaz, W. Mittig. *Study of the ^6He structure in the reaction of quasifree scattering $^4\text{He}(^6\text{He}, 2\alpha)$* . Nucl. Phys. A **840** 1 (2010) 1-18.
6. С.И. Сидорчук, Р. Вольски, М.С. Головков, В.А. Горшков, Л.В. Григоренко, С.А. Крупко, Ю.Ц. Оганесян, А.М. Родин, Р.С. Слепнев, С.В. Степанцов, Г.М. Тер-Акопьян, А.С. Фомичев. *Исследование структуры ^6He в реакциях квазисвободного рассеяния*. Изв. РАН, серия физическая **74** №4 (2010) 475-480.

7. M.S. Golovkov, L.V. Grigorenko, G.M. Ter-Akopian, A.S. Fomichev, Yu.Ts. Oganessian, V.A. Gorshkov, S.A. Krupko, A.M. Rodin, S.I. Sidorchuk, R.S. Slepnev, S.V. Stepantsov, R. Wolski, D.Y. Pang, V. Chudoba, A.A. Korsheninnikov, E.A. Kuzmin, E.Yu. Nikolskii, B.G. Novatskii, D.N. Stepanov, P. Roussel-Chomaz, W. Mittig, A. Ninane, F. Hanappe, L. Stuttge, A.A. Yukhimchuk, V.V. Perevozchikov, Yu.I. Vinogradov, S.K. Grishechkin, S.V. Zlatoustovskiy. *The ^8He and ^{10}He spectra studied in the (t,p) reaction*. Phys. Lett. B **672** (2009) 22-29.
8. L.V. Grigorenko, M.S. Golovkov, G.M. Ter-Akopian, A.S. Fomichev, Yu.Ts. Oganessian, V.A. Gorshkov, S.A. Krupko, A.M. Rodin, S.I. Sidorchuk, R.S. Slepnev, S.V. Stepantsov, R. Wolski, D.Y. Pang, V. Chudoba, A.A. Korsheninnikov, E.A. Kuzmin, E.Yu. Nikolskii, B.G. Novatskii, D.N. Stepanov, P. Roussel-Chomaz, W. Mittig, A. Ninane, F. Hanappe, L. Stuttge, A.A. Yukhimchuk, V.V. Perevozchikov, Yu.I. Vinogradov, S.K. Grishechkin, S.V. Zlatoustovskiy. *Soft dipole mode in ^8He* . Phys. of Part. and Nucl. Lett . v. 6, N 2, (2009) 118 – 125.
9. A.S. Fomichev, L.V. Grigorenko, M.S. Golovkov, G.M. Ter-Akopian, Yu.Ts. Oganessian, V.A. Gorshkov, S.A. Krupko, A.M. Rodin, S.I. Sidorchuk, R.S. Slepnev, S.V. Stepantsov, R. Wolski, V. Chudoba, D. Pang, A.A. Korsheninnikov, E.A. Kuzmin, B.G. Novatskii, D.N. Stepanov, E.Yu. Nikolskii, P. Roussel-Chomaz, W.Mittig, A. Ninane, F. Hanappe, L. Stuttge, A.A. Yukhimchuk, V.V. Perevozchikov, Yu.I. Vinogradov, S.K. Grishechkin, S.V. Zlatoustovskiy. *Properties of very n-rich He isotopes*. Eur. Phys. J. A **42** (2009) 465-469.

Выбор оппонентов и ведущей организации обусловлен их широкой научной известностью и заслуженным авторитетом в области экспериментальных и теоретических исследований структуры экзотических ядер.

Диссертационный совет отмечает уникальность проведенных исследований, обусловленную, в первую очередь, использованием вторичных пучков радиоактивных ядер с относительно низкой энергией около 20А МэВ, а также криогенной газовой тритиевой мишени. Кроме этого, диссертационный совет отмечает, что

1. Впервые спектр энергии ^{10}He получен в реакции передачи двух нейтронов с тритона на ^8He . Эксперименты были проведены с использованием криогенной газовой тритиевой мишени и вторичного пучка ^8He с энергией 21.5А МэВ. В результате измерений

был получен спектр недостающей массы ^{10}He , в котором было идентифицировано основное состояние 0^+ с энергией 2.1 МэВ и шириной около 2 МэВ.

2. В измерениях угловых распределений продуктов распада ^{10}He в системе центра масс ядра, образованного в реакции, впервые были обнаружены ярко выраженные корреляции, позволившие идентифицировать спин-четности двух возбужденных состояний: $J^\pi = 1^-$ с энергией около 5 МэВ и шириной около 2 МэВ, а также $J^\pi = 2^+$ с энергией более 7 МэВ.
3. Установленный порядок следования возбужденных уровней ^{10}He позволил сделать вывод о нарушении оболочечной структуры в ядрах за границей нейтронной стабильности.
4. В спектре энергии возбуждения ^8He , полученном в реакции передачи нейтронов $^3\text{H}(^6\text{He}, p)^8\text{He}$, наблюдался резкий рост сечения в надпороговой области, который был интерпретирован как признак возбуждения мягкой дипольной моды в ядре ^8He .
5. Впервые в реакции квазисвободного выбивания α -кора из ядра с борромиевским двухнейтронным гало ^6He непосредственно в эксперименте наблюдались импульсные корреляции нейтронов, соответствующие трехтельной волновой функции основного состояния ^6He .
6. Впервые создана компьютерная симуляция квазисвободной реакции $^4\text{He}(^6\text{He}, 2\alpha)2n$ с использованием трехтельной волновой функции ^6He и амплитуд свободного α - α рассеяния в широком диапазоне относительных энергий. Симуляция позволяет детально изучать сложные многомерные корреляции в четырехтельном выходном канале реакции.
7. Впервые наблюдалось квазисвободное рассеяние на сильно связанном в ^6He тритонном кластере с тритоном и системой дейтрон-нейтрон в качестве зрителя.

Результаты работы опубликованы в ведущих отечественных и зарубежных журналах, входящих в список ВАК, докладывались на национальных и международных конференциях и хорошо известны специалистам в данной отрасли.

Полученные в диссертационной работе Сидорчука С.И. новые научные результаты и разработанные экспериментальные методики могут найти свое применение для изучения и теоретического описания ядерной структуры и реакций с экзотическими яд-

рами, а также при проведении экспериментов на радиоактивных пучках в РНЦ «Курчатовский институт, МИФИ, ПИЯФ РАН (Санкт-Петербург) и других, а также в учебных курсах по ядерной физике.

Личный вклад соискателя в исследования, представленные в диссертации, состоит в формулировке научных задач, предложении экспериментальных путей их решения, ведущей роли в анализе и интерпретации экспериментальных данных, а также в подготовке публикаций. Автор участвовал в экспериментах, численном моделировании, обработке и интерпретации экспериментальных данных.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критериям внутренней логики и единства, связывающего части работы, посвященные различным экспериментам, в одно целое, что подтверждается анализом результатов и сравнением их с экспериментальными данными. Поставленные в работе цели достигнуты, задачи решены на высоком научном уровне.

На заседании 27 октября 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Сидорчуку С.И. учёную степень доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени 19, против присуждения ученой степени - нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета,
академик РАН



Ю.Ц. Оганесян

Ученый секретарь
диссертационного совета

А.Г. Попеко

31.10.2017