

A-867
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

7 - 10827

АРТЮХ

Анатолий Григорьевич

ГЛУБОКОНЕУПРУГИЕ РЕАКЦИИ ПЕРЕДАЧИ
В СИСТЕМАХ (Th, O), (Th, Ne), (Th, Ar), (Zr, Ne)
И ПОЛУЧЕНИЕ ^{14}Be , ^{19}C И ^{20}C

Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра
и космических лучей

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1977

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований, г.Дубна.

Научный руководитель:
доктор физико-математических наук В.В.ВОЛКОВ.

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук В.И.МАНЬКО,

доктор физико-математических наук Б.Н.ЗАХАРЬЕВ.

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт ядерных исследований АН УССР, г.Киев.

Защита диссертации состоится " " 1977 года
в " " часов на заседании Специализированного Ученого Совета
Д.047.01.05 при Лаборатории нейтронной физики и Лаборатории
ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований
(г.Дубна).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.
Отзывы и замечания просим направить по адресу: г.Дубна,
Московской области, Объединенный институт ядерных исследований,
Ученому секретарю Специализированного Ученого совета
Д.047.01.05.

Автореферат разослан " " 1977 года.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА
кандидат физико-математических наук

Д.В.ТАРАН

" " 1977 года.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

Данная работа посвящена изучению глубоконеупругих реакций передачи с тяжелыми ионами, открытых в ЛЯР ОИЯИ при непосредственном участии автора, а также использованию этих реакций для получения легких ядер с большим избытком нейтронов, находящихся на границе нуклонной устойчивости.

Своеобразие глубоконеупругих реакций передачи ГНП состоит в том, что в них совмещаются одновременно характерные черты прямых процессов и распада компаунд-ядра. С одной стороны, как и в прямых процессах, в глубоконеупругих столкновениях наблюдается сильная связь входного и выходного каналов реакции. Продукты ГНП сохраняют направление движения исходных ядер и "не забывают" их атомных номеров и массовых чисел. Как правило, угловые распределения являются резко асимметричными. Легкие продукты глубоконеупругих передач преимущественно вылетают под малыми углами. Максимумы зарядовых (или массовых) распределений легких и тяжелых продуктов находятся вблизи Z (или A) налетающей частицы и ядра мишени, соответственно. С другой стороны, подобно тому как это наблюдается в делении ядер, максимум распределения кинетических энергий продуктов находится вблизи или даже ниже выходных кулоновских барьеров. При этом положение максимума слабо зависит от энергии столкновения исходных ядер. Глубоконеупругие реакции передачи наблюдаются при взаимодействии ядер с различными Z и A , причем доля их в полном сечении реакции (σ_R) возрастает с энергией и массой сталкивающихся ядер и для таких бомбардирующих частиц как K_2 и He , на тяжелых ядрах мишени составляет основную часть σ_R . Качественно наблюдаемую совокупность свойств в процессах, совмещающих в себе характерные особенности двух полярных механизмов взаимодействия сложных ядер (слияние - деление и прямой процесс), можно объяснить, если предположить, что в глубоконеупругих столкновениях образуется короткоживущий промежуточный комплекс (двойная ядерная система). В настоящее время экспериментальные и теоретические исследования нового механизма взаимодействия ядер интенсивно проводятся в Дубне и в научных центрах по физике тяжелых ионов Европы и США.

НАУЧНОЕ И ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Исследования глубоконеупругих реакций передачи имеют важное значение для ряда фундаментальных проблем ядерной физики.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Так, изучение процессов диссипации кинетической энергии относительного движения в глубоконеупругих ядер-ядерных столкновениях дает ценную информацию о вязкости ядерной материи. Важная информация может быть получена также о параметрах потенциала взаимодействия ядер на малых расстояниях. Исследования глубоконеупругих реакций передачи имеют важное прикладное значение. В диссертационной работе они используются для получения легких ядер с большим избытком нейтронов. Глубоконеупругие взаимодействия перспективны также для получения ядер с высоким спином.

ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЙ

В диссертации представлены результаты исследований глубоконеупругих реакций передачи в системах (Th, O) , (Th, Ne) и (Th, Ar) . Выбор таких комбинаций взаимодействующих ядер позволяет проследить влияние входного канала реакции на образование, эволюцию и свойства распада двойной ядерной системы (ДЯС) в широком диапазоне асимметрии по Z и A исходных ядер. Кроме того, перегруженные нейтронами ядра-мишени (например, ^{232}Th) являются также весьма эффективными для получения легких ядер с большим избытком нейтронов. Более легкая комбинация взаимодействующих ядер $Zr + Ne$ была выбрана для анализа влияния эффектов спаривания нуклонов на систематизацию экспериментальных дифференциальных сечений образования изотопов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, четырех глав и выводов. В ней содержится 112 страниц машинописного текста, 60 рисунков, семь таблиц и библиографический список литературы (179 наименований).

Во введении дается краткая характеристика глубоконеупругих реакций передачи, их актуальность, научное и прикладное значение, а также формулируются цели работы.

В первой главе сцелан краткий обзор экспериментальных и теоретических исследований глубоконеупругих реакций передачи. В § I рассмотрены особенности наиболее важных экспериментально наблюдаемых характеристик ГНП, а именно: энергетических спектров, угловых, зарядовых и изотопных распределений продуктов. § 2 посвящен качественной интерпретации наблюдаемой совокупности свойств ГНП на основе гипотезы образования промежуточного ком-

плекса. Образование неравновесного бинарного комплекса в ядер-ядерных столкновениях имеет важное значение для изучения времени релаксации ядерных составных систем, эволюционирующих вдоль некоторых коллективных координат, например координаты нейтронного избытка N/Z и координаты массовой (или зарядовой) асимметрии бинарных систем. Анализ (§-3) имеющегося экспериментального материала по взаимодействию тяжелых ионов с ядрами в широком диапазоне Z и A исходных ядер показывает, что ГНП, наблюдавшиеся впервые в ядер-ядерных столкновениях тяжелых ионов с Z и A вплоть до ^{40}Ar , и квазиделение, обнаруженное в реакциях с наиболее тяжелыми ионами Kr и Xe , являются различными вариантами единого глубоконеупругого процесса столкновения сложных ядер. Затем в § 4 дается краткий обзор теоретических подходов, которые используются для описания глубоконеупругих взаимодействий тяжелых ионов с ядрами. В общем случае вся совокупность теоретических моделей можно разделить на два класса: динамические модели и модели диффузии. В динамических моделях основное внимание уделяется динамике относительного движения сталкивающихся ядер и проблеме диссипации кинетической энергии столкновения. В моделях диффузии акцентируется внимание на процессах обмена нуклонами и тепловой энергией между ядрами в бинарном комплексе. Отмечаются возможности и достижения моделей обоих типов в интерпретации экспериментальных данных. В § 5 дается перечень основных направлений исследований глубоконеупругих взаимодействий сложных ядер: проблема вязкости ядерной материи; исследования макро- и микроскопического механизмов диссипации энергии столкновения; изучение функционального вида и параметров ядер-ядерного потенциала на малых расстояниях; определение мощности и функционального вида тангенциальной составляющей сил трения, ответственной за передачу орбитального углового момента в спины ядер; изучение образования, эволюции и закономерностей распада промежуточного комплекса и т.д.

В главе II дан краткий обзор методов идентификации продуктов ядерных реакций и подробно рассмотрен метод $(\Delta E, E)$, а также комбинация метода $(\Delta E, E)$ с магнитным анализатором МА (метод $\Delta E, E, MA$) и его модернизированный вариант с включением измерения времени t (метод $\Delta E, E, MA, t$). Последние три метода использовались в диссертационной работе для регистрации продуктов глубоконеупругих передач.

При взаимодействии тяжелых ионов с ядрами с энергией выше кулоновского барьера в качестве продуктов реакции образуется множество различных изотопов. Большинство из них радиоактивны и распадаются с испусканием α -частиц, испытывают β -распад либо же деление (ядра с $Z \geq 90$). Обилие возможностей, которые могут приводить к наблюдаемому в эксперименте продукту с одним и тем же A и Z , создает значительные трудности при изучении механизма его образования и интерпретации полученных данных. Поэтому кроме идентификации продуктов по Z и A необходимо одновременное измерение возможно большего числа кинематических характеристик реакции (кинетических энергий продуктов, угловых распределений, энергетических и угловых корреляций сопряженных ядер и т.д.). Дополнительные трудности возникают при изучении эффектов с малым выходом (например, получение ^{14}Be , ^{19}C и ^{20}C). Экспериментатору приходится выхол "нужного" сорта частиц ("эффект") измерять на фоне ("физический фон") высокоинтенсивного выхода частиц другого сорта (продуктов реакции или упруго и неупруго рассеянных ионов). Перечисленные особенности регистрации продуктов предъявляют высокие требования к характеристикам используемых методов. Методика должна обладать высокой чувствительностью, селективностью, быстротой, а также в состоянии надежно работать при высоких нагрузках в течение длительного времени. В настоящее время в развитии экспериментальных методов наблюдается тенденция к созданию все более многопараметрических регистрирующих устройств.

Высокая информативность метода $(\Delta E, E)$, т.е. возможность измерения энергии частицы E , ее заряда Z и массы A , а также возможность регистрации короткоживущих, долгоживущих и стабильных продуктов, простота метода обеспечили широкое применение его в технике эксперимента в физике тяжелых ионов. Основными недостатками метода $(\Delta E, E)$ являются: ограниченные возможности в разделении изотопов по массе ($A \leq 16$, тогда как по $Z \leq 50$) и неоднозначности идентификации, вызванные перекрытием в плоскости $\Delta E, E$ "гипербол" тяжелых изотопов элемента Z и "гипербол" легких изотопов следующего элемента $Z+1$, а также наличием высоких нагрузок детекторов телескопа $(\Delta E, E)$ потоком упруго и неупруго рассеянных ионов. В диссертационной работе метод $(\Delta E, E)$ использовался для элементного разделения легких продуктов реакции передачи в системах (Th, O) и (Th, Ar) .

Чувствительность метода $(\Delta E, E)$, а также диапазон идентифицируемых масс можно увеличить, если произвести предварительный анализ заряженных частиц магнитным анализатором. Для этого мишень располагается во входном фокусе МА, а телескоп детекторов ΔE и E - в его выходном фокусе (рис.1). В комбинационном методе $(\Delta E, E, \text{MA})$ нам удалось повысить чувствительность до 10^{-32} см² и расширить диапазон идентифицируемых масс вплоть до $A \sim 50$, сохранив при этом возможности метода $(\Delta E, E)$ по идентификации Z продуктов. Метод $(\Delta E, E, \text{MA})$ впервые был реализован в ЛЯР ОИЯИ и в диссертационной работе использовался для разделения по Z и A продуктов, образующихся в системах (Th, Ne) и (Zr, Ne) . Основным недостатком метода $(\Delta E, E, \text{MA})$ является чувствительность МА к зарядовым состояниям анализируемых продуктов, что приводит к эффектам наложения в плоскости $(\Delta E, E)$ тяжелых изотопов элемента Z основной зарядности (заряд ядра) на легкие изотопы следующего элемента $Z+1$, но находящегося в зарядовом состоянии на две единицы меньше основной зарядности. Другим недостатком метода $(\Delta E, E, \text{MA})$ является его низкая эффективность. Для повышения эффективности комбинационной методики широко стали использоваться позиционно-чувствительные детекторы больших площадей, располагаемых в выходных фокусах анализаторов.

Эффекты наложения в методе $(\Delta E, E, \text{MA})$ тяжелых изотопов на легкие двух соседних элементов, находящихся в различных зарядовых состояниях, можно устранить измерением дополнительного параметра идентифицируемых частиц, а именно времени пролета продуктов базы анализатора. Для этого требуется реализовать скромное временное разрешение, поскольку массы совпадающих изотопов значительно различаются (на 6 единиц), а база пролета анализатора составляет 4 метра (в нашем случае). Это и послужило основой для модернизации комбинационного метода в вариант $(\Delta E, E, \text{MA}, t)$. Модернизированный вариант имел чувствительность на несколько порядков выше чувствительности метода $(\Delta E, E, \text{MA})$ и был успешно использован в экспериментах по поиску тяжелых изотопов ^{14}Be , ^{19}C и ^{20}C .

В главе III представлены экспериментальные исследования механизма взаимодействия ионов ^{16}O , ^{22}Ne и ^{40}Ar с тяжелым ядром ^{232}Th и легким ^{94}Zr . В начале (§ I) в системе со значительной асимметрией по Z и A исходных ядер (Th, O) изучается

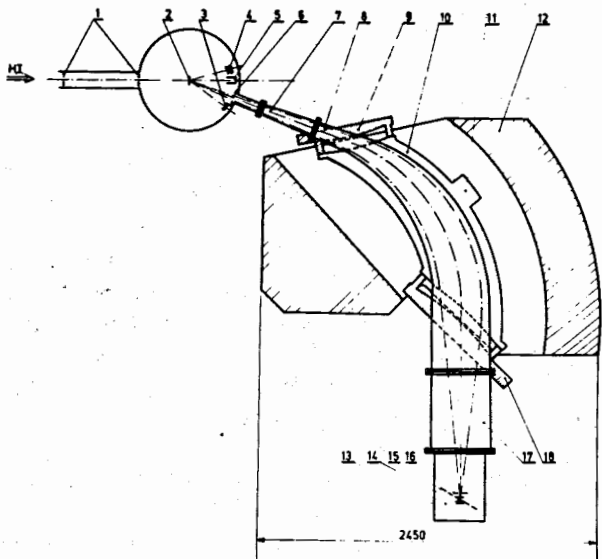


Рис.1. Схема экспериментальной установки: I - коллиматор пучка ионов; 2 - мишень; 3 - мониторный детектор; 4 - подвижный телескоп детекторов; 5 - цилиндр Фарадея; 6 - коллиматор магнитного анализатора; 7 - переходный патрубок; 8 - камера магнитного анализатора; 9 - магнитный экран; 10 - полюсный башмак; 11 - место расположения датчика ядерного резонанса; 12 - ядро электромагнита; 13 - приемная камера; 14 - телескоп детекторов; 15 - фокальная линия; 16 - коллиматор телескопа; 17 - переходный патрубок; 18 - магнитный экран.

весь спектр неупругих реакций передачи от квазиупругих до глубоко-неупругих (рис.2). Анализ реакций передачи в столь широком диапазоне неупругости позволяет последовательно изучить динамику перехода от одного крайнего случая прямой реакции (квазиупругие передачи) к другому (ГНП). В дальнейшем (§ 2) в более симметричной комбинации взаимодействующих ядер (Th, Ar_2) изучаются реакции подхвата протонов на налетающее ядро Ar_2 . Результаты исследований в системах (Th, O) и (Th, Ar_2) в совокупности с экспериментальными данными по сечениям реакций срыва в системе (Th, Ar_2) затем (§ 3) используются при анализе направления передачи нуклонов в системах с разной степенью асимметрии по Z и A исходных

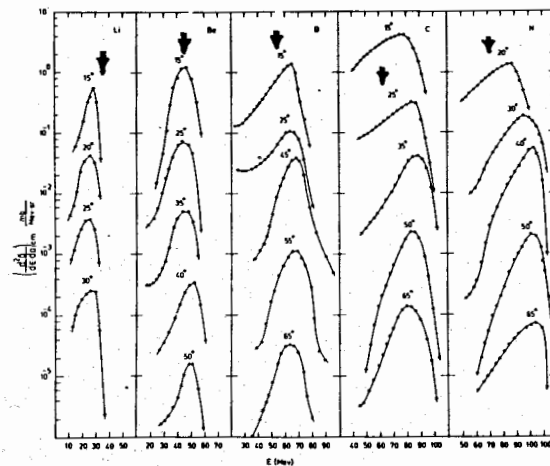


Рис. 2. Энергетические спектры (в СЦД) элементов с $3 \leq Z \leq 7$, полученные при взаимодействии ионов ^{16}O ($E_L = 137$ МэВ) с ^{232}Th . Стрелками указаны энергии, соответствующие выходным кулоновским барьерам. Толщина стрелок соответствует диапазону изменения кулоновских барьеров для различных изотопов данного элемента. $d^2N/dE \cdot d\Omega$ элементов умножены на следующие коэффициенты: Li - $20^\circ (x10^{-1}), 25^\circ (x10^{-2}), 30^\circ (x10^{-3})$; Be - $25^\circ (x10^{-1}), 35^\circ (x10^{-2}), 40^\circ (x10^{-3}), 50^\circ (x10^{-4})$; B - $25^\circ (x10^{-1}), 45^\circ (x10^{-1}), 55^\circ (x10^{-1}), 65^\circ (x10^{-3})$; C - $25^\circ (x10^{-1}), 35^\circ (x10^{-2}), 50^\circ (x10^{-3}), 65^\circ (x10^{-3})$; N - $30^\circ (x10^{-1}), 40^\circ (x10^{-2}), 50^\circ (x10^{-3}), 65^\circ (x10^{-3})$.

ядер. Следующий цикл работ был посвящен изучению закономерностей распада ДЯС. С этой целью (§ 4) в системе (Th, Ne) изучаются энергетические спектры и дифференциальные сечения образования отдельных изотопов ($d\delta/d\Omega$), вылетающих под углом 12° к направлению пучка (рис.3). Под этим углом вылета основной вклад в реакции передачи идет ГНП. Установленные закономерности в $d\delta/d\Omega$ - образования изотопов ($Q_{g.g.}$ - систематика) продемонстрировали важную роль парных поправок $\delta(n)$ и $\delta(p)$ в систематизации экспериментальных данных. С целью дальнейшего

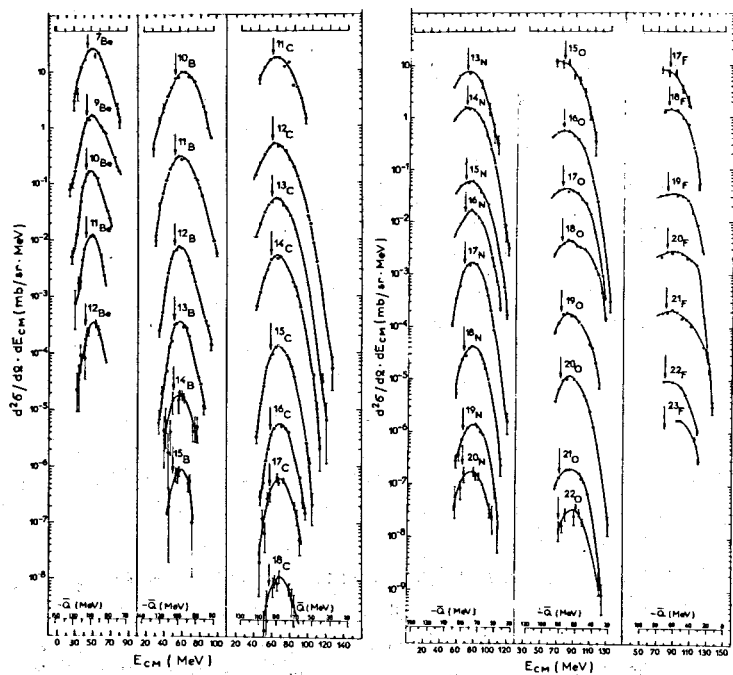


Рис. 3. Энергетические спектры (в СЦМ) изотопов Be, B, C, N, O, F, измеренные под углом вылета $\theta_L = 12^\circ$ при облучении ^{232}Th ионами ^{22}Ne с $E_L = 172$ МэВ. Стрелками указаны энергии, соответствующие выходящим кулоновским барьерам \bar{Q} — среднее значение \bar{Q} — реакции по диапазону изотопов конкретного элемента. $d^2\sigma/d\Omega \cdot dE \cdot d\Omega$ изотопов умножены на следующие коэффициенты: ^7Be , ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{17}F ($\times 1,5 \cdot 10^3$); ^{10}B ($\times 1,5 \cdot 10^2$); ^9Be , ^{14}N , ^{18}F ($\times 1,5 \cdot 10^1$); ^{10}Be , ^{11}Be , ^{12}C , ^{16}O ($\times 1,5$); ^{12}Be , ^{12}B , ^{13}C , ^{15}N , ^{16}N , ^{17}O , ^{19}F ($\times 1,5 \cdot 10^{-1}$); ^{13}B , ^{14}B , ^{14}C , ^{17}O , ^{18}O , ^{20}F ($\times 1,5 \cdot 10^{-2}$); ^{15}B , ^{15}C , ^{18}N , ^{19}O , ^{21}F ($\times 1,5 \cdot 10^{-3}$); ^{16}C , ^{17}C , ^{19}N , ^{20}N , ^{20}O , ^{22}F , ^{23}F ($\times 1,5 \cdot 10^{-4}$); ^{18}C , ^{21}O , ^{22}O ($\times 1,5 \cdot 10^{-5}$).

изучения эффектов $\delta(n)$ и $\delta(p)$ была выбрана более легкая система (Zz, Ne), в которой относительная роль кулоновских эффектов в систематизации экспериментальных величин $d\sigma/d\Omega$ является существенно меньшей, чем на Th. Для этого под углом вылета 12° в системе (Zz, Ne) были измерены энергетические спектры и диффе-

ренциальные сечения образования изотопов (рис.4).

Глава IV посвящена получению легких ядер с большим избытком нейтронов, находящихся на границе нуклонной устойчивости. Интерес к этим ядрам обусловлен возможностью получения важной информации по ряду фундаментальных проблем ядерной физики, например: проблеме существования связанного состояния системы нейтронов с $A = N$, т.е. нейтронных капель ядерных размеров и "нормальной" ядерной плотности, устойчивость которых обеспечивается ядерными силами; проверке роли различных членов в нуклон-нуклонном потенциале; проблеме границы нуклонной устойчивости легких нуклидов; проверке и выбору наилучшего варианта массовых формул, используемых для предсказания масс легких ядер с большим избытком нейтронов. Большинство массовых формул и модельных расчетов предсказывает существование большого количества нейтроноизбыточных изотопов, однако положения границы нуклонной устойчивости сильно различаются в этих предсказаниях. Поэтому важная роль отводится экспериментальным методам получения все более нейтроноизбыточных ядер легких элементов. Среди таких методов высокую эффективность продемонстрировали многонуклонные реакции передачи. Положительным фактором явилось установление $Q_{g.g.}$ -систематики дифференциальных сечений образования изотопов, которая дает возможность оценивать ожидаемый выход еще не известных нейтроноизбыточных изотопов легких элементов.

Значительный интерес представляют экспериментальные доказательства существования ядер ^{14}Be , ^{19}C и ^{20}C , относительно устойчивости которых имеются противоречивые предсказания модельных расчетов и экстраполяций массовых формул. Первые эксперименты по поиску ^{14}Be в многонуклонных реакциях передачи с достигнутой в то время чувствительностью дали отрицательный результат. Однако вскоре американскими исследователями в реакциях расщепления ядра ^{238}U протонами высоких энергий был получен ^{14}Be . В диссертационной работе тяжелый изотоп ^{14}Be был получен в многонуклонных реакциях передачи ($-3p, 2n$) при взаимодействии ионов ^{15}N с ^{232}Th (рис.5). В экспериментах использовалась высокочувствительная методика ($\Delta E, E, MA, t$). Затем приводятся данные по получению ^{19}C и ^{20}C в реакции $\text{Th} + \text{Ne}$. В заключении отмечается, что для элементов с $Z \leq 6$ получены практически все предсказанные теорией тяжелые изотопы с предельным избытком

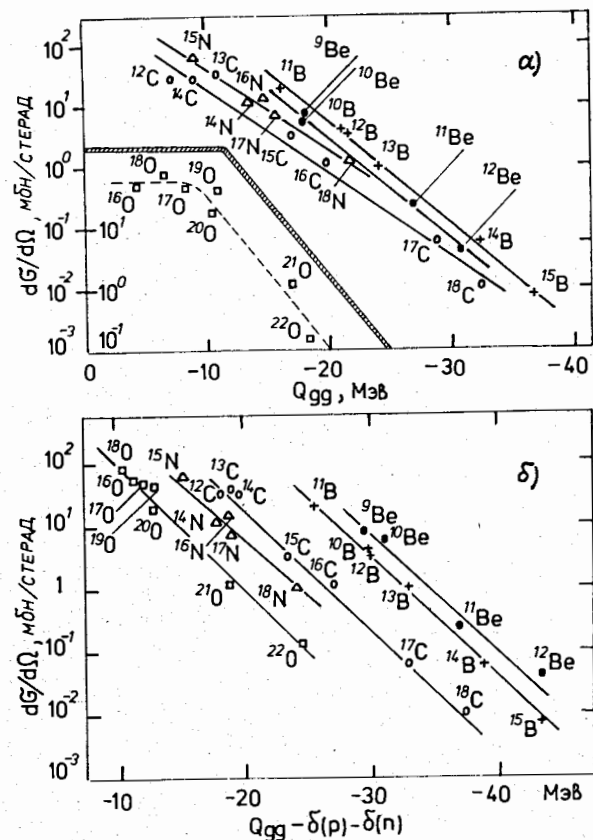


Рис.4. Дифференциальные сечения образования изотопов O, N, C, B и Be в системе (Z_1, Ne) в зависимости от а) $Q_{g.g.}$ -разности масс начальных и конечных ядер и б) $Q_{g.g.}$ с поправками на энергию разрыва пар протонов $\delta(p)$ и нейтронов $\delta(n)$, перешедших из ядра-донора в ядро-акцептор. Угол вылета продуктов $\Theta_L = 12^\circ$.

нейтронов (8He , ^{11}Li , ^{14}Be , ^{17}B , ^{20}C). Таким образом, в настоящее время не существует резких расхождений между оценкой положения границы нуклонной устойчивости, рассчитанной по модели оболочек и определенной экспериментально. Лишь в некоторых из оптимистических расчетов предсказывается возможная ядерная стабильность ^{19}B и ^{22}C .

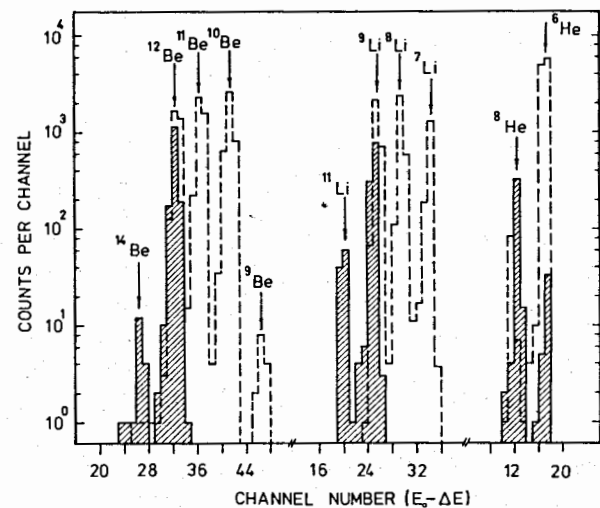


Рис.5. Выходы изотопов Be, Li, He, полученные при облучении ^{232}Th ионами ^{15}N с энергией 145 МэВ при магнитной жесткости $BR = 10,5$ кГс.м. Пунктирной линией показаны результаты калибровочных измерений без дискриминации по времени пролета (режим $(\Delta E, E, MA)$). Заштрихованные пики получены в основных измерениях с дискриминацией по времени пролета. Поток ионов, прошедших через мишень в основных измерениях, в 30 раз больше, чем в калибровочных.

В выводах сформулированы

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ:

- I. 1) Проведены исследования амплитудных и временных характеристик полупроводниковых детекторов для выбора оптимальных условий работы телескопа $\Delta E, E$ на пучках тяжелых ионов.
- 2) Изучены характеристики, проведена отладка и запуск магнитного анализатора для работы на пучках тяжелых ионов в комбинации с методом $(\Delta E, E)$. Новый идентификатор продуктов ядерных реакций, обладающий высокими быстродействием ($\sim 10^{-7}$ с), селективностью и чувствительностью ($\sim 10^{-32}$ см²), позволил за короткое время надежно идентифицировать 28 новых нейтроноизбыточных изотопов легких элементов.
- 3) С целью дальнейшего повышения чувствительности комбинационного метода $(\Delta E, E, MA)$ автором было сделано предложение, разработана блок-схема и проведена отладка время-про-

летной электронной системы. Модернизированный идентификатор ($\Delta E, E, MA, t$) позволил надежно идентифицировать ядра ^{14}Be , ^{19}C и ^{20}C .

II. Измерены энергетические спектры, угловые распределения и сечения образования легких элементов в системе (Th, O).

- 1) Показано, что в системе со значительной асимметрией по Z и A исходных ядер с заметным сечением реализуется процессы различной степени неупругости. Доля процессов возрастающей неупругости в суммарном спектре увеличивается с отклонением угла вылета продукта от $\Theta_{\text{гр.}} = 50^\circ$ ($\Theta_{\text{гр.}}$ - угол упругого рассеяния при касательном столкновении ^{16}O с ^{232}Th), а также с числом переданных протонов. ГНП наблюдаются в спектрах продуктов для всех углов вылета Θ и доминируют в многонуклонных реакциях передачи.
- 2) Экспериментальные данные по сечениям образования продуктов показывают, что в системе со значительной асимметрией по Z и A исходных ядер основным процессом передачи нуклонов является срыв нуклонов с легкого партнера реакции.

III. В более симметричной системе взаимодействующих ядер (Th, Au) изучены реакции подхвата протонов (и нейтронов).

- 1) Анализ имеющихся энергетических спектров продуктов показывает, что в реакциях подхвата трех и более протонов доминируют глубоконеупругие передачи нуклонов. Наблюдается также регулярное смещение энергетических спектров относительно кулоновского барьера в сторону меньших энергий, что, по-видимому, свидетельствует о развитии заметной деформации распадающейся ДЯС.
- 2) Анализ эволюции зарядовых распределений продуктов в системах (Th, O) и (Th, Au) показывает, что с уменьшением асимметрии по Z и A исходных ядер наблюдается тенденция к выравниванию сечений реакций срыва и подхвата нуклонов и для системы (Th, Au) эти величины становятся сравнимыми. Качественно отмеченная эволюция в направлении передачи нуклонов объясняется стремлением к минимуму потенциальной энергии распадающегося бинарного комплекса.

IV. В экспериментах с разделением легких продуктов ГНП по Z и A предпринята попытка изучить свойства распада ДЯС. С этой целью в системах (Th, Ne) и (Zr, Ne) под углом вылета 120° ,

где основной вклад в реакции передачи дают ГНП, были измерены энергетические спектры и дифференциальные сечения образования отдельных изотопов.

- 1) Установленные в системе (Th, Ne) закономерности в ширинах энергетических спектров изотопов с большим избытком нейтронов и в дифференциальных сечениях их образования ($Q_{\text{г.г.}}$ -систематика) указывают на статистический характер распада ДЯС. Показано, что учет энергии спаривания пар переданных нейтронов $\delta(n)$ и протонов $\delta(p)$ приводит к лучшей систематизации экспериментальных дифференциальных сечений образования изотопов ($Q_{\text{г.г.}} - \delta(n) - \delta(p)$ - систематика).
 - 2) Далее показано, что в системе с малым произведением ($Z_1 \cdot Z_2$) взаимодействующих ядер (Zr, Ne) эффекты спаривания нуклонов $\delta(n)$ и $\delta(p)$ оказывают более сильное влияние на систематизацию дифференциальных сечений образования изотопов, чем эффекты изменения кулоновской энергии входного и выходного каналов реакции.
- V. В многонуклонных реакциях передачи получен тяжелый изотоп ^{14}Be , который по предсказаниям различных модельных расчетов является граничным ядерно-стабильным изотопом элемента Be. Получен новый тяжелый изотоп ^{20}C и подтверждена ядерная стабильность изотопа ^{19}C , энергия связи нейтрона в котором по теоретическим оценкам не пересохнет 20 кэВ.

Основные результаты диссертации были представлены в докладах на 24-25 ежегодных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, а также на Международных конференциях в Швеции и Нэшвилле и опубликованы в работах:

1. A.G.Artukh, V.V.Avdeichikov, J.Ero, G.F.Gridnev, V.L.Mikheev, V.V.Volkov. Nucl. Instr. Methods, 83, 72 (1970).
2. A.G.Artukh, V.V.Avdeichikov, J.Ero, G.F.Gridnev, V.L.Mikheev, V.V.Volkov, J.Wilczynski. Proc, 8th Int. EMIS Conf. on Low-Energy Ion Accel. and Mass Separators, Skovde, Sweden, June 1973, p.389.
3. А.Г.Артух, В.В.Волков, Г.Ф.Грицнев, В.Л.Михеев. Изв.АН СССР, сер. физ., 39, 2 (1975).
4. A.G.Artukh, V.V.Avdeichikov, G.F.Gridnev, A.N.Mezentsev, V.L.Mikheev, V.V.Volkov. Preprint JINR, E7-8298, Dubna, 1974.
5. А.Г.Артух, В.В.Авдейчиков, В.В.Волков, Г.Ф.Грицнев, А.Н.Мезенцев, В.Л.Михеев. Тез. докл. 25 Совещ. по ядерн. спектр. и структ. атомн.

- ядра. "Наука", 1975, стр. 392.
6. А.Г.Артюх, В.В.Авдейчиков, В.В.Волков, Г.Ф.Гриднев, А.Н.Мезенцев, В.Л.Михеев. Тез.докл.25 Совещ.по ядерн.спектр.и структ.атомн.ядра, "Наука", 1975, стр. 223.
 7. С.Герлик, А.Г.Артюх, В.В.Волков, Г.Ф.Гриднев, А.Н.Мезенцев, В.Л.Михеев. Тез.докл.25 Совещ.по ядерн.спектр.и структ.атомн.ядра, "Наука", стр. 393, 1975.
 8. С.Герлик, А.Г.Артюх, В.В.Волков, Г.Ф.Гриднев, А.Н.Мезенцев, В.Л.Михеев, Тез.докл.25 Совещ. по ядерн.спектр. и структ. атомн.ядра. "Наука", стр. 394, 1975.
 9. А.Г.Артюх, В.В.Волков, Г.Ф.Гриднев, В.Л.Михеев. ЯФ, 23, 26I (1976).
- IO. A.G.Artukh, G.F.Gridnev, V.L.Mikheev, V.V.Volkov. Proc. Int.Conf. on Reactions between Complex Nucl., Nashville, 1974, vol. 1 (North-Holland, Amsterdam, 1974), p. 86.
- II. A.G.Artukh, G.F.Gridnev, V.L.Mikheev, V.V.Volkov. Preprint JINR, E7-9974, Dubna, 1976.
- I2. A.G.Artukh, G.F.Gridnev, V.L.Mikheev, V.V.Volkov. Proc. Int. Conf. on Reactions between Complex Nucl., Nashville, 1974, vol. 1, (North-Holland, Amsterdam, 1974) p. 72.
- I3. В.Л.Михеев, А.Г.Артюх, В.В.Волков, Г.Ф.Гриднев. Препринт ОИЯИ, P7-9495, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 июля 1977 года.