

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

6 - 7099

H - 379

НГУЕН  
Конг Кхань

ПОИСКИ  $\alpha$  и  $\gamma$  -ИЗЛУЧЕНИЯ  
ПРИ РАСПАДЕ  
СПОНТАННО ДЕЛЯЩИХСЯ ИЗОМЕРОВ

Специальность 055 - физика атомного ядра  
и космических лучей

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Дубна 1973

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник

Д. П. ГАНГРСКИЙ

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,  
профессор

К. Я. ГРОМОВ,

кандидат физико-математических наук

Д. М. ЦИПЕНЕК

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ.

Автореферат разослан " " 1973 года.

Защита диссертации состоится " " 1973 года  
на заседании Объединенного Ученого совета ЛЯР и ЛНФ ОИЯИ,  
Дубна, Московской области, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА

Э. Н. КАРЖАВИНА

" " апреля 1973 года

6 - 7099

НГУЕН  
Конг Кхань

ПОИСКИ  $\alpha$  И  $\gamma$ -ИЗЛУЧЕНИЯ  
ПРИ РАСПАДЕ  
СПОНТАННО ДЕЛЯЩИХСЯ ИЗОМЕРОВ

Специальность 055 - физика атомного ядра  
и космических лучей

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Одним из видов распада тяжелых атомных ядер является спонтанное деление <sup>/1/</sup>, открытое в 1940 году А.К. Петряком и Г.Н. Флеровым. Этот вид распада, очевидно, играет очень важную роль для идентификации изотопов трансурановых элементов. Спонтанное деление может иметь место и для изомерных состояний, но обычные изомерные состояния в ядрах с  $Z < 100$  не должны быть связаны с малыми временами жизни по отношению к этому виду распада, т.к. состояния с большим спином имеют и более высокий барьер деления.

Однако в 1962 году в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ <sup>/2/</sup> был открыт спонтанно делящийся изомер  $^{242}\text{Am}$ , а вслед за ним было получено более 30 других изомеров в ядрах  $\text{U}$ ,  $\text{Pu}$ ,  $\text{Am}$ ,  $\text{Cm}$  и  $\text{Bk}$ .

Исследования спонтанно делящихся изомеров показали, что эти изомерные состояния характеризуются необычными свойствами: резким увеличением вероятности по отношению к спонтанному делению (до  $10^{30}$ ) и сильным запретом для  $\gamma$ -излучения (до  $10^{10}$ ), высокой энергией (2,5 - 3,5 Мэв) и малым спином. Существует корреляция процессов образования спонтанно делящихся изомеров и вынужденного деления. Для объяснения этих свойств Г.Н. Флеровым и О. Бором <sup>/3/</sup> была высказана гипотеза о том, что изомерные состояния связаны с повышенной деформацией ядра.

Теоретические расчеты В.М. Струтинского <sup>/4-5/</sup>, где были учтены оболочечные поправки к барьеру деления, позволили придать этой гипотезе конкретную форму. Из этих расчетов следует, что барьер деления имеет форму двугорбой кривой с минимумом в районе седловой точки. Возможно, что изомерные состояния, которые

характеризуются аномально большой вероятностью спонтанного деления, являются основными состояниями ядер в этой потенциальной яме на барьере деления. Существование двугорбого барьера деления хорошо объясняет все имеющиеся экспериментальные данные по спонтанно делящимся изомерам. Спонтанное деление не позволяет судить о таких характеристиках изомерных состояний, как энергия возбуждения, спин, нуклонная конфигурация, магнитный и квадрупольный моменты. Ряд сведений об этих характеристиках можно получить из ядерных реакций образования изомерных состояний. Однако наиболее определенные сведения об этих характеристиках могут быть получены путем исследования  $\alpha$ ,  $\beta$  или  $\gamma$ -переходов с изомерного уровня (или на изомерный уровень). Поиски этих видов распада, а также кулоновское возбуждение спонтанно делящихся изомеров (процесс, обратный  $\gamma$ -распаду), и являются темой данной диссертации.

В I главе диссертации рассматриваются вопросы, связанные с вероятностями  $\alpha$ - и  $\gamma$ -переходов в модели двугорбого барьера. Большая разница в деформациях, достаточно высокий барьер, разделяющий первую и вторую потенциальные ямы, приводят к слабому перекрытию волновых функций состояний, лежащих в разных ямах. В результате этого появляется большой запрет для  $\alpha$ - и  $\gamma$ -переходов между такими состояниями /6/.

Проведен анализ этого запрета в зависимости от различных параметров внутреннего барьера и спектра возбужденных состояний во второй яме.

Показано, что в случае  $\gamma$ -излучения с изомерного уровня можно скорее ожидать флуктуаций времен жизни, а не плавной

зависимости от  $A$  и  $Z$ , как в случае спонтанного деления. Неопределенность оценок и возможность флуктуаций времен жизни для  $\gamma$ -переходов позволяет надеяться, что в ряде спонтанно делящихся изомеров  $Am$ ,  $Pu$ ,  $Np$ ,  $U$   $\gamma$ -излучение может составлять заметную долю распада.

В случае  $\alpha$ -излучения с изомерного уровня кроме запрета имеет место и ускорение, вызванное большой деформацией и пониженным в связи с этим кулоновским барьером. Для  $\alpha$ -переходов можно ожидать плавной зависимости вероятности перехода от  $A$  и  $Z$ . Наиболее интенсивная ветвь  $\alpha$ -распада, по-видимому, будет наблюдаться для изомерных состояний с большими периодами полураспада (в изотопах америция и нечетных изотопах плутония).

Поиски  $\alpha$  и  $\gamma$ -излучения при распаде спонтанно делящихся изомеров представляют собой очень трудную задачу. Все спонтанно делящиеся изомеры имеют короткие периоды полураспада, малые сечения образования (в  $10^4 - 10^6$  раз меньше сечения вынужденного деления или сечения образования ядра в основном состоянии). Малый выход спонтанно делящихся изомеров всегда сопровождается высоким фоном излучения из мишени и от осколков вынужденного деления. Использование толстых мишеней может повысить выход исследуемого  $\gamma$ -излучения, но при этом возрастет и фон от осколков вынужденного деления. Поэтому  $\gamma$ -излучение с изомерного уровня очень трудно увидеть на фоне интенсивного  $\gamma$ -излучения из осколков деления. В этом фоновом излучении присутствуют  $\gamma$ -линии с широким набором энергий и периодов полураспада.

Для успешного поиска  $\gamma$ -излучения с изомерного уровня необходимо исследовать реакции, которые характеризуются

наибольшим отношением сечений образования изомера и вынужденного деления ( $\sigma/\sigma_f$ ). Наиболее подходящими являются реакции с испарением одного нейтрона (реакции  $(\gamma, n)$ ), а также  $(n, n)$  при энергии нейтронов 5-6 Мэв, в которых образуются спонтанно делящиеся изомеры с наибольшими массовыми числами.

При поисках  $\alpha$ -излучения необходимо использовать тонкую мишень, в то же время фон  $\gamma$ -излучения из осколков деления не представляет опасности. Поэтому в этом случае желательно использовать реакции с наибольшим сечением (к таким реакциям относятся  $(n, n')$ ,  $(n, 2n)$ ).

Другим источником фона является  $\alpha$ - и  $\gamma$ -излучение из мишени. Известно, что мишени из изотопов плутония (за исключением  $^{242}\text{Pu}$ ), и америция имеют очень высокую интенсивность  $\gamma$ -излучения (более  $10^6$  I/сек на 1 мг). Хотя это излучение и имеет низкую энергию ( $< 100$  кэв), но наложения импульсов в детекторе  $\gamma$ -квантов создают фон в широком диапазоне энергий. Поэтому при поисках  $\gamma$ -излучения или электронов конверсии в качестве мишеней можно использовать лишь изотопы урана,  $^{242}\text{Pu}$ ,  $^{237}\text{Np}$ .

При поисках  $\alpha$ -излучения можно использовать более широкий круг мишеней, т.к.  $\alpha$ -частицы с изомерного уровня имеют энергию на 2,5 - 3,0 Мэв выше, чем  $\alpha$ -частицы из мишени, и от них можно избавиться, поставив перед детектором  $\alpha$ -частиц поглотитель подходящей толщины.

Во II главе диссертации описываются эксперименты по поискам  $\alpha$ -излучения при распаде спонтанно делящихся изомеров  $^{241}\text{Pu}$ , ( $T_{1/2} = 27$  мсек),  $^{240}\text{Am}$  ( $T_{1/2} = 0,9$  мсек),  $^{242}\text{Am}$  ( $T_{1/2} = 14$  мсек)/7/.

Опыты проводились на нейтронном генераторе НГ-200 Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Проводилось облучение мишеней  $^{242}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  и  $^{243}\text{Am}$ , нейтронами с энергией 14,7 Мэв, указанные изомеры получались в реакциях  $(n, 2n)$ . Для регистрации  $\alpha$ -частиц использовался пропорциональный счетчик, наполненный смесью газов  $\text{CH}_4$  (20%) и  $\text{Ar}$  (80%) до общего давления 760 мм Hg. Электроды счетчика представляли собой систему параллельно соединенных нитей. Исследуемые мишени располагались непосредственно за катодом, и  $\alpha$ -частицы, проходя между нитями катода, попадали в чувствительный объем счетчика. Используемые в опытах мишени имели очень сильную  $\alpha$ -активность, и для предохранения от нее пропорционального счетчика закрывались алюминиевой фольгой толщиной до 30 мкм. Таким образом,  $\alpha$ -частицы из мишени не попадали в чувствительный объем счетчика, и в измеряемом спектре имелись лишь  $\alpha$ -частицы с энергией выше 6,5 Мэв. Проводился двумерный анализ  $\alpha$ -спектров (по времени и амплитуде). Временные спектры были синхронизованы с импульсной работой нейтронного генератора. Наблюдались большие выходы  $\alpha$ -излучения в момент импульса нейтронов и значительно меньшие - в отсутствие нейтронного пучка.

Анализ спектров показал, что отсутствуют  $\alpha$ -излучатели с энергией выше 7 Мэв и периодом полураспада в области мсек. Из измеренных спектров можно определить верхнюю границу для выхода  $\alpha$ -излучения, связанного с распадом спонтанно делящихся изомеров  $^{242}\text{Am}$ ,  $^{240}\text{Am}$  и  $^{241}\text{Pu}$ . Зная сечения образования этих изомеров в реакции  $(n, 2n)$ , можно найти верхнюю границу отношения интенсивностей  $\alpha$ -излучения и спонтанного деления при разрядке изомерных состояний ( $\frac{W_\alpha}{W_f}$ ). Эти значения верхних границ, а также соответствующие им нижние границы для парциальных периодов полураспада представлены в таблице . (При этом предполагалось, что время жизни изомерного уровня определяется спонтанным делением).

Таблица

Периоды полураспада для  $\alpha$ -излучения с изомерных уровней.

Изотоп	T сек	E МэВ	$\frac{W_{\alpha}}{W_{\beta}}$	$T_{\alpha}$ сек	
				опыт	расчет
$^{241}\text{Pu}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	$7,83 \pm 0,2$	$< 4 \cdot 10^{-3}$	$> 0,007$	$1 \begin{smallmatrix} +3 \\ -0,8 \end{smallmatrix}$
$^{240}\text{Am}$	$9 \cdot 10^{-4}$	$8,77 \pm 0,2$	$< 2 \cdot 10^{-2}$	$> 0,05$	$0,004 \begin{smallmatrix} +0,012 \\ -0,003 \end{smallmatrix}$
$^{242}\text{Am}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$8,52 \pm 0,2$	$< 1,5 \cdot 10^{-2}$	$> 1,0$	$0,02 \begin{smallmatrix} +0,04 \\ -0,015 \end{smallmatrix}$

Для сравнения приводятся периоды полураспада для  $\alpha$ -переходов с изомерного уровня в основное состояние дочернего ядра, рассчитанные из известных зависимостей времен жизни от энергии  $\alpha$ -распада. Из таблицы видно, что в случае изомеров америция полученные на опыте нижние границы для парциального периода полураспада выше ожидаемых времен жизни (для изомера  $^{241}\text{Pu}$  чувствительность опытов недостаточна). Это различие еще более увеличивается, если ожидаемое время жизни уменьшается за счет большой деформации ядра в изомерном состоянии. Таким образом, полученные в данной работе результаты указывают на существование запрета для  $\alpha$ -переходов с изомерных уровней, испытывающих спонтанное деление.

В III главе диссертации описываются опыты по поискам электронов конверсии, испускаемых при распаде спонтанно делящихся изомеров  $^{238}\text{U}$  и  $^{241}\text{Pu}$ . Из систематики сечений образования спонтанно делящихся изомеров было сделано заключение, что изомеры урана имеют сечения образования более низкие, чем другие изомеры (в изотопах  $\text{Pu}$ ,  $\text{Am}$ ). Величина сечения образования спонтанно делящихся изомеров определяет-

ся параметрами двугорбого барьера (высотами внешнего и внутреннего барьеров и энергией второго минимума). Это сечение тем ниже, чем мельче вторая потенциальная яма (ниже внешний барьер и выше энергия второго минимума). Однако уменьшение сечения может объясняться и другой причиной. Если большая часть распадов спонтанно делящегося изомера связана с  $\gamma$ -излучением, а не со спонтанным делением, то измеренное по выходу осколков сечение будет заниженным.

Чтобы выяснить, какая из причин ответственна за пониженную величину сечения образования спонтанно делящегося изомера  $^{238}\text{U}$ , были проведены опыты по измерению функции возбуждения реакции  $^{238}\text{U}(n,n')^{238m}\text{U}$ . Нейтроны в диапазоне от 3 до 10 МэВ получались в реакциях  $^3\text{H} + p$ ,  $^2\text{H} + d$ ,  $^9\text{Be} + d$ . Протоны и дейтроны ускорялись на циклотроне Института атомной физики (Бухарест). Модуляция высокочастотного напряжения позволила получить импульсный пучок нейтронов. Детектором осколков служил многократной искровой счетчик  $^{111}\text{I}$ , наполненный чистым азотом до давления 300 мм Hg. Облучаемая мишень находилась внутри счетчика. Измеренное временное распределение осколков в отсутствие пучка нейтронов указывало на образование в реакции  $(n,n')$  спонтанно делящегося изомера  $^{238}\text{U}$  с периодом полураспада 200 нсек. В опытах определялся также поток нейтронов, падающий на мишень (по выходу осколков вынужденного деления). Измерив выход осколков от распада спонтанно делящегося изомера и поток нейтронов и, зная эффективность регистрации осколков, можно определить сечение реакции  $^{238}\text{U}(n,n')^{238m}\text{U}$ . Энергия нейтронов изменялась путем торможения заряженных частиц (протонов и дейтронов) танталовыми

фольгами. Измеренная таким способом функция возбуждения реакции  $^{238}\text{U}(n,n')^{238m}\text{U}$  имеет вид, характерный для реакций образования спонтанно делящихся изомеров, протекающих через стадии составного ядра. Полученные из этой функции возбуждения параметры, характеризующие глубину второй ямы (высота внешнего барьера и энергия второго минимума), оказались такими же, как и для спонтанно делящихся изомеров  $\text{Pu}$  и  $\text{Am}^{12/}$ . Из теоретических расчетов также следует, что второй минимум в изотопах урана такой же глубокий, как и в изотопах  $\text{Pu}$  и  $\text{Am}^{4,5/}$ . В то же время сечение реакции  $^{238}\text{U}(n,n')$  в максимуме функции возбуждения оказывается равным  $10^{-28}$  см<sup>2</sup>, что в 5 раз меньше, чем следует из расчетов сечения при использовании полученных из формы функции возбуждения параметров двугорбого барьера. Отсюда можно предположить, что в случае изомера  $^{238}\text{U}$  малое сечение образования связано с тем, что основным видом распада является  $\gamma$ -излучение, а не спонтанное деление. Поэтому представляет интерес провести опыты по поискам  $\gamma$ -излучения при распаде этого изомера. Можно предполагать, что заметная доля переходов с изомерного уровня идет на первый уровень  $2^+$ . Энергия этого уровня составляет 44,7 кэВ, и, естественно, переход с этого уровня в основное состояние будет в сильной степени конвертирован. Поэтому наличие конверсионных электронов с энергиями 23 кэВ и 27,5 кэВ (L-электроны) и 39,5 кэВ и 41 кэВ (M-электроны) и периодом полураспада 200 нсек служило бы указанием на то, что имеет место  $\gamma$ -излучение с изомерного уровня.

Были проведены опыты по поискам конверсионных электронов с такими энергиями в реакции  $^{238}\text{U}(n,n')^{238m}\text{U}$  при энергии нейтронов 14,7 МэВ на нейтронном генераторе НГ-200 Лаборатории ядерных реакций. Образующиеся при облучении урановой мишени электроны конверсии с помощью магнитного поля соленоида

транспортировались к высокоомному ( $R=9$  кОм) кремниевому поверхностно-барьерному детектору. Значительное удаление детектора от мишени (0,5 м) существенно уменьшало уровень фона  $\gamma$ -излучения. Проводился двумерный анализ (по амплитуде и времени) спектров конверсионных электронов между импульсами нейтронов. Не удалось наблюдать конверсионных линий с указанными выше энергиями на фоне  $\beta$ -излучения из мишени и из осколков деления. Верхняя граница для указанных выше конверсионных линий составляет  $2 \cdot 10^{-28}$  см<sup>2</sup>, что меньше расчетной величины сечения образования спонтанно делящегося изомера  $^{238}\text{U}$  при неупругом рассеянии нейтронов. Полученная граница сечения означает, что либо основная доля переходов с изомерного уровня идет в основное состояние  $^{238}\text{U}$ , либо при переходе к энергии нейтронов 14,7 МэВ сечение образования изомера значительно падает. Необходимо также отметить, что расчетная величина сечения ( $5 \cdot 10^{-28}$  см<sup>2</sup>) является достаточно грубой оценкой.

Такого же рода эксперименты были проведены по поискам электронов конверсии в диапазоне энергии 20-100 кэВ при распаде спонтанно делящегося изомера  $^{241}\text{Pu}$  с периодом полураспада 27 мксек, образующегося в реакции  $^{242}\text{Pu}(n,2n)$ . Получена также лишь верхняя граница -  $5 \cdot 10^{-28}$  см<sup>2</sup>.

В IV главе диссертации описывается попытка наблюдения кулоновского возбуждения спонтанно делящегося изомера  $^{238}\text{U}$ , и проведены основные расчеты для оценки сечения этого явления <sup>18/</sup>.

Данные о переходах между уровнями первой и второй потенциальных ям можно получить и путем исследования кулоновского возбуждения делящихся изомеров. Изучение этого процесса представляет большой

интерес, так как в этом случае энергия может быть передана непосредственно колебательным степеням свободы. Электрическое поле налетающего иона может вызвать большую деформацию ядра мишени или возбудить в нем колебания с достаточно большой амплитудой. В результате этого происходит либо мгновенное деление, либо задержанное деление, протекающее через образование изомерного состояния. Успешное ускорение тяжелых ионов вплоть до ксенона открывает реальные возможности для исследования этих явлений.

Рассматриваются различные возможные пути заселения изомерного состояния при кулоновском возбуждении:

а). Электрическое дипольное или многократное электрическое квадрупольное возбуждение уровней, лежащих вблизи первого барьера с последующей разрядкой этих состояний на уровни во второй яме;

б). Электрическое квадрупольное возбуждение уровней во второй яме. Приводятся сечения кулоновского возбуждения спонтанно делящегося изомера  $^{238}\text{U}$ , рассчитанные для указанных выше способов заселения изомерного состояния. Расчеты были проведены для различных бомбардирующих частиц ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{40}\text{Ar}$ ,  $^{84}\text{Kr}$ ,  $^{136}\text{Xe}$ ) и для энергий вплоть до высоты кулоновского барьера.

Проведенные расчеты показали, что различные способы возбуждения спонтанно делящихся изомеров характеризуются существенно разной зависимостью от атомного номера и энергии бомбардирующей частицы. Сечения возбуждения достаточно велики, и их можно измерить на опыте.

Необходимо однако отметить, что оценки сечения для каждого способа возбуждения спонтанно делящихся изомеров являются достаточно неопределенными из-за отсутствия достоверных сведений об уровнях во второй яме и параметрах внутреннего барьера.

Для возбуждения использовались ионы  $^{12}\text{C}$ , ускоренные на циклотроне У-300, и ионы  $^{136}\text{Xe}$ , ускоренные на тандеме циклотронов У-300 и У-200 в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

В наших опытах использованы два варианта методики. При облучении мишени из  $^{238}\text{U}$  ионами  $^{12}\text{C}$  на выведенном пучке циклотрона У-300 применялась методика, в которой регистрировались лишь осколки от деления ядер отдачи, пролетающих между диэлектрическими детекторами. В реакции  $^{238}\text{U} + ^{12}\text{C}$  при энергиях ионов более 65 Мэв (выше кулоновского барьера) наблюдались осколки запаздывающего деления, связанные с распадом образующихся в данной реакции изомеров  $^{240}\text{Pu}$  и  $^{243}\text{Cm}$ . При энергиях 60 Мэв и менее (ниже кулоновского барьера) осколков задержанного деления не наблюдалось. Отсутствие осколков соответствует верхней границе сечения кулоновского возбуждения спонтанно делящегося изомера  $^{238}\text{U} \sim 10^{-33} \text{ см}^2$ . Облучение мишени из  $^{238}\text{U}$  ионами  $^{136}\text{Xe}$  производилось на внутреннем пучке циклотрона У-200, который служил второй ступенью тандема циклотронов. Поэтому использовался другой вариант методики. На пути ядер отдачи помещался сборник из чистого полупроводникового кремния, а напротив него - детектор осколков (фосфатные стекла). Было проведено несколько опытов по облучению мишени из  $^{238}\text{U}$  ионами  $^{136}\text{Xe}$  с энергией  $\sim 750$  Мэв. В каждом опыте наблюдалось 1-2 трека на детекторе осколков. Столь малое число треков разумно рассматривать как верхнюю границу сечения кулоновского возбуждения спонтанно делящегося изомера  $^{238}\text{U}$  при облучении ионами ксенона  $\sim 10^{-31} \text{ см}^2$ .

Измеренные на опыте границы сечений позволяют сделать ряд заключений о способе заселения изомерного состояния при кулонов-



ском возбуждении. Из опытов с ионами ксенона следует, что возникновение большой деформации ядра, приводящей к делению или образованию спонтанно делящегося изомера, характеризуется значительно меньшим сечением, чем следует из расчета /9/. Многократное кулоновское возбуждение высоколежащих колебательных состояний либо имеет сечение ниже, чем рассчитанное в работе /10/, либо изомерное состояние заселяется с малой вероятностью при разрядке этих уровней. Низкая граница сечения в опытах с ионами углерода, по-видимому, означает, что нижние возбужденные состояния во второй яме, как и изомерный уровень, характеризуются большим запретом для переходов в первую яму.

В У главе проводится обсуждение полученных результатов. Измеренные на опыте верхние границы для  $\alpha$ - и  $\gamma$ -излучения с изомерного уровня позволяют получить нижние пределы для факторов запрета в случае  $\alpha$ - и  $\gamma$ -переходов между состояниями, сильно отличающимися по деформации. Отсутствие эффекта в случае кулоновского возбуждения спонтанно делящегося изомера  $^{238}\text{U}$  позволяет оценить фактор запрета и для переходов с возбужденных состояний во второй потенциальной яме. Переходы между уровнями разных ям имеют место лишь при больших энергиях возбуждения, вблизи вершины внутреннего барьера. В этом случае фактор запрета невелик, и переходы между уровнями разных ям приводят к появлению широких делительных резонансов при взаимодействии ядер с нейтронами и в реакциях  $(d,p)$ . Отмечается, что фактор запрета испытывает экспоненциальный рост с уменьшением энергии возбуждения по отношению к высоте внутреннего барьера.

Основные результаты диссертации сводятся к следующему:

1. Налажена методика для измерения двумерных спектров (по амплитуде и времени)  $\alpha$ -частиц и электронов конверсии в условиях сильного фона  $\gamma$ -излучения.

2. Измерены верхние границы для ветви  $\alpha$ -излучения при распаде спонтанно делящихся изомеров  $^{241}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Am}$  и  $^{242}\text{Am}$ .

3. Измерена функция возбуждения реакции  $(n,n')$ , приводящей к образованию спонтанно делящегося изомера  $^{238}\text{U}$ .

4. Измерена верхняя граница для ветви  $\gamma$ -излучения при распаде спонтанно делящегося изомера  $^{238}\text{U}$ .

5. Измерена верхняя граница сечений кулоновского возбуждения ионами  $^{12}\text{C}$  и  $^{136}\text{Xe}$  спонтанно делящегося изомера  $^{238}\text{U}$ .

6. Проведен анализ факторов запрета для переходов между уровнями первой и второй потенциальных ям.

Диссертация выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Основные материалы были опубликованы в работах /7,8,11,12/ и доложены на XIX и XXI ежегодных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Ереван 1969г., Москва 1971г.) и на II международной конференции по физике тяжелых ионов (Дубна, 1971г.).

ЛИТЕРАТУРА :

1. К.А.Петржак, Г.Н.Флеров, ЖЭТФ Ю, 1013 (1940)
2. С.М.Поликанов, В.А.Друин, В.А.Карнаухов, В.Л.Михеев, А.А.Племе,  
Н.К.Скобелев, В.Г.Субботин, Г.М.Тер-Акопьян, В.А.Фомичев,  
ЖЭТФ 42, 1464 (1962)
3. Г.Н.Флеров, В.А.Друин. Препринт ОИЯИ, P-2539, Дубна, 1966.
4. V.M.Strutinsky, Nucl.Phys., A95, 420(1968)
5. V.M.Strutinsky, Nucl.Phys., A122, 1(1969)
6. J.E.Lynn, Preprint AERE-M-2505, Harwell, 1971
7. А.Г.Белов, Д.П.Гангрский, Б.Далхсурэн, А.М.Кучер, Нгуен Конг Кхань,  
ЯФ 5, (1973)
8. Д.П.Гангрский, Б.Н.Марков, Нгуен Конг Кхань, Д.Ц.Оганесян,  
фам Зуи Хиен. Препринт ОИЯИ, Дубна P7-7022 (1973)
9. K.Beyer, A.Wintner, Phys.Lett.30B, 296(1969)
10. H.Holm, W.Greiner, Nucl.Phys., A195, 333(1972)
11. Д.П.Гангрский, Б.Далхсурэн, Д.А.Лазарев, Б.Н.Марков,  
Нгуен Конг Кхань, ПТЭ, № 2, 63 (1970)
12. Д.П.Гангрский, Нгуен Конг Кхань, Д.Д.Пулатов, АЭ 33, 829 (1972)

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 апреля 1973 года.