

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**  
**ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ**

15 - 7031

Д-154

**ДАЛХСУРЭН**  
**Баажгайн**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ГАММА-ЛУЧЕЙ**  
**И ЭЛЕКТРОНОВ КОНВЕРСИИ,**  
**ИСПУСКАЕМЫХ ПРИ ОБРАЗОВАНИИ**  
**СПОНТАННО ДЕЛЯЩИХСЯ ИЗОМЕРОВ**

**Специальность 01.04.16 - 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

Ю.П.Гангрский.

Официальные оппоненты:  
доктор физико-математических наук,  
профессор  
кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник

К.А.Петржак,

В.А.Морозов.

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Ленинградский государственный университет им. А.А.Жданова, физический факультет.

Автореферат разослан "18" августа 1973 года  
Защита диссертации состоится "22" июля 1973 года  
в 15<sup>00</sup> часов на заседании Объединенного Ученого совета ЛНФ и ЛЯР ОИЯИ, Дубна, Московской области, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета

Э.Н.КАРЖАВИНА

15 - 7031

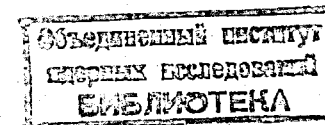
ДАЛХСУРЭН  
Баажгайн

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ГАММА-ЛУЧЕЙ  
И ЭЛЕКТРОНОВ КОНВЕРСИИ,  
ИСПУСКАЕМЫХ ПРИ ОБРАЗОВАНИИ  
СПОНТАННО ДЕЛЯЩИХСЯ ИЗОМЕРОВ

Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра  
и космических лучей.

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)



Существование в ядрах изомерных состояний, распадающихся путем спонтанного деления, - распространенное явление в области тяжелых элементов. Сейчас известно около тридцати спонтанно делящихся изомеров урана, плутония, америция, кюрия и берклия с периодом полураспада от 0,5 нсек до 14 мсек. Эти изомерные состояния характеризуются необычными свойствами:

1. Резко увеличивается вероятность спонтанного деления до  $10^{30}$  раз по сравнению со спонтанным делением основного состояния.

2. Запрет для гамма-излучения с изомерного уровня достигает  $10^{10}$  раз.

3. Энергия изомерного уровня велика /2,5 - 3,0 Мэв/, а спин мал.

4. Наблюдается корреляция сечений образования изомера и деления.

Отмеченные выше свойства спонтанно делящихся изомеров лучше всего объясняются моделью изомерии формы, развитой Струтинским /1/.

В.М.Струтинским были проведены расчеты потенциальной энергии деформации ядра с учетом оболочечных эффектов, показавшие значительное отступление формы барьера деления от обычной капельной. Интересным результатом работы /1/ является вывод о появлении дополнительного минимума потенциальной энергии ядра в седловой точке. Такой вывод дает возможность объяснения природы спонтанно делящихся изомеров.

Действительно, в рамках описываемой модели обсуждаемые изомерные состояния могут рассматриваться как нижние состояния во второй потенциальной яме при деформации, в 2-2,5 раза большей, чем в основном состоянии. Резкое увеличение, по сравнению с основным состоянием, вероятности спонтанного деления объясняется малой высотой и шириной внешнего барьера.

Внутренний барьер, разделяющий оба состояния, препятствует гамма-переходам из одной ямы в другую и является причиной изомерии /"изомерии формы"/. Таким образом, в данной модели запрет на электромагнитное излучение не связан с большим спином изомерного уровня.

Для заселения уровней во второй потенциальной яме, разрядка которых приводит к изомерному состоянию, необходима достаточно большая энергия - выше внутреннего барьера. Поэтому мала вероятность образования изомера в прямых реакциях и при захвате тепловых нейтронов, которая растет с ростом энергии возбуждения, так как при этом резко увеличивается проникаемость внутреннего барьера. Распределение уровней по спину, по-видимому, одинаково в обеих потенциальных ямах. Поэтому изомерное отношение будет слабо зависеть от вносимого в ядро углового момента.

Экспериментальные данные о сечениях и функциях возбуждения реакции образования спонтанно деющихся изомеров указывают на то, что имеется система уровней, связанная с изомерным состоянием и отделенная барьером от основной системы.

Исследование свойств уровней во второй потенциальной яме представляет большой интерес как для физики деления ядра, так и для ядерной спектроскопии.

Ядро во второй потенциальной яме характеризуется моментом инерции и квадрупольным моментом вдвое большими, чем при равновесной деформации. Кроме того, пониженный барьер деления приводит к большой делительной ширине уровней во второй потенциальной яме. Благодаря этим особенностям исследование уровней во второй потенциальной яме позволит получить такие сведения о свойствах ядер, которые трудно или совсем невозможно получить путем изучения свойств обычных уровней.

1. Построение схемы одночастичных и квазичастичных уровней во второй яме позволит установить, как выглядит схема Нильссона при больших деформациях и как меняется энергия спаривания с ростом деформации.

2. В деформированных ядрах наблюдались лишь однофононные вибрационные состояния. Более высокие /двух- или трехфононные/ уровни не удается выделить среди большого числа различных состояний.

Во второй потенциальной яме вибрационные уровни характеризуются аномально высокой делительной шириной и по этому признаку выделяются среди остальных уровней.

Экспериментальные исследования свойств уровней во второй потенциальной яме и являются целью представленной диссертации.

Диссертация состоит из 4 глав, введения и заключения.

В первой главе описывается методика исследования спектров  $\gamma$ -лучей и электронов конверсии во второй потенциальной яме. Одной из особенностей реакций образования спонтанно деющихся изомеров является их малое сечение.

Эта величина составляет  $10^{-4}$  от сечения деления или образования ядра в основном состоянии при малых энергиях бомбардирующих частиц.

При больших энергиях бомбардирующих частиц сечение падает вследствие появления новых конкурирующих ветвей распада. Малая величина сечения образования спонтанно деющихся изомеров по сравнению с сечениями других процессов не позволяет выделять из общего спектра гамма-излучения или электронов конверсии те линии, которые связаны с образованием изомерного состояния. Действительно, в сложном спектре, где присутствуют сотни линий гамма-лучей или электронов конверсии, испускаемых осколками деления и при образовании различных изотопов, практически невозможно увидеть линии в  $10^4 - 10^5$  раз меньшей интенсивности. Чтобы их увидеть, необходимо применить способ, позволяющий выделить эти линии из сложного спектра гамма-лучей или электронов конверсии. Таким способом является измерение запаздывающих совпадений гамма-квантов или электронов конверсии с осколками деления /2/.

Действительно, поскольку образованию спонтанно деющихся изомеров предшествует каскад гамма-квантов, осколки распада изомера будут задержаны по отношению к этим гамма-квантам, причём величина задержки определяется временем жизни изомерного состояния.

Наличие целого ряда изомерных состояний в осколках деления не может помешать идентификации гамма-линии, так как в этом случае гамма-кванты будут задержаны по отношению к осколкам. Такой способ выделения гамма-линий определяет методику измерений.

Пучок частиц облучает мишень, находящуюся в непосредственной близости от детекторов осколков и гамма-лучей или электронов конверсии. Импульсы с детектора гамма-лучей /или электронов/ через задержку, равную 3-4 периодам полураспада спонтанно деющегося изомера, направляются на временной и амплитудный анализ.

Если в течение времени задержки появляется импульс с детектора осколков, то импульс гамма-квантов направляется на амплитудный анализ.

Проводится двумерный анализ - амплитудное распределение импульсов с детектора гамма-квантов /или электронов конверсии/ и временное распределение импульсов с детектора осколков по отношению к испущенному ранее гамма-кванту или электрону конверсии. Те гамма-кванты или электроны конверсии, по отношению к которым временное распределение осколков характеризуется периодом полураспада, образующегося в реакции спонтанно делящегося изомера, и связаны, очевидно, с заселением изомерного состояния.

Малое сечение реакции образования спонтанно делящихся изомеров делает задачу измерения спектров гамма-лучей или электронов конверсии, заселяющих изомерное состояние, достаточно трудной. Проведению опытов мешает интенсивный фон случайных совпадений. Источником его служат осколки деления и гамма-излучение, возникающие в результате реакций, сечение которых в  $10^4 - 10^5$  раз больше, чем сечение образования изомера.

В диссертации рассматриваются различные условия эксперимента с тем, чтобы выбрать такие, при которых соотношение эффекта и фона было бы наиболее благоприятным. Такими условиями являются:

1. Высокая эффективность регистрации детекторов гамма-квантов и осколков деления.
2. Низкая эффективность регистрации постороннего излучения.
3. Высокое энергетическое разрешение детекторов гамма-квантов и электронов конверсии.
4. Высокая стабильность во времени.
5. Быстродействие детекторов, что необходимо для получения малого разрешающего времени схемы совпадений /и более  $10^{-8}$  сек/.

На основании этих требований в качестве детекторов осколков были выбраны газовый сцинтилляционный счетчик и поверхностно-барьерный кремниевый детектор. Детектором гамма-квантов служил германиево-литиевый детектор, а детектором электронов конверсии - поверхностно-барьерный детектор из высокоомного кремния ( $R = 9 \text{ k}\Omega$ ).

При измерениях электронов конверсии использовался магнитный соленоид для транспортировки электронов от мишени к детектору. Тем самым детектор электронов имел высокую эффективность регистрации, находясь достаточно далеко от мишени, что существенно снижало уровень фона. Принцип

работы соленоида основан на том, что электроны в магнитном поле движутся по спирали вокруг силовых линий, направленных параллельно оси соленоида.

Во второй главе описываются измерения сечений реакций  $(n, \gamma)$ ,  $(n, n')$  и  $(n, 2n)$ , приводящих к образованию спонтанно делящихся изомеров в широком диапазоне энергий /от тепловых до 14,7 Мэв/ в области ядер от тория до америция. На основе анализа сечений реакции с нейтронами делается выбор спонтанно делящихся изомеров и реакций их получения для исследования спектров гамма-лучей и электронов конверсии во второй потенциальной яме. Ядерные реакции с нейтронами имеют ряд особенностей. Ввиду отсутствия кулоновского барьера можно использовать нейтроны малых энергий и, таким образом, получить составное ядро с низкой энергией возбуждения. Сечения реакции с нейтронами, как правило, выше сечений реакции с заряженными частицами. Большая проникающая способность нейтронов позволяет использовать достаточно толстые мишени, находящиеся внутри измерительной камеры. В то же время интенсивность пучка нейтронов значительно ниже интенсивности заряженных частиц.

Пучок нейтронов обычно очень широк, и облучает не только мишень, но и окружающие ее материалы. Поэтому всегда возникает проблема защиты от рассеянных нейтронов.

Измерения проводились на нейтронном генераторе <sup>3/</sup> для энергий нейтронов 14,7 Мэв, которые получались в реакции  $^3\text{H} + d$  и на циклотроне <sup>4/</sup> для нейтронов малых энергий, которые получались в реакции  $^9\text{Be} + d$  и затем замедлялись в парафине <sup>5/</sup>. Детектором осколков деления служил искровой счетчик <sup>5/</sup> внутри которого находилась облучаемая мишень. Использовался пульсирующий пучок нейтронов и проводились измерения временных распределений импульсов с искрового счетчика в отсутствие нейтронного пучка.

Идентификация получающихся в реакциях спонтанно делящихся изомеров производилась по их периоду полураспада. Проведенные измерения позволили установить в сечениях образования спонтанно делящихся изомеров ряд закономерностей.

1. В реакциях  $(n, 2n)$  при энергии нейтронов 14,7 Мэв сечения образования изомеров  $\text{Am}$  и  $\text{Pu}$  близки по величине и составляют  $2-3 \cdot 10^{-28} \text{ см}^2$  <sup>3/</sup>.

2. При малых энергиях нейтронов наблюдается корреляция сечений процессов вынужденного деления и образования изомера при радиационном захвате нейтрона <sup>4/</sup>. Оба эти процесса наблюдались для  $^{241}\text{Am}$  и не обнаружены при облучении  $^{243}\text{Am}$  тепловыми нейтронами.

Можно сказать, что делящиеся изомеры образуются достаточно эффективно лишь в том случае, когда вероятность вынужденного деления достаточно велика. Иными словами, образованию делящихся изомеров может предшествовать возбуждение колебаний, приводящих к делению.

Если вероятность деления мала, то соответственно мала будет и вероятность образования изомеров, независимо от того, какова вероятность радиационного захвата нейтронов. Если обнаружения для изомеров,  $^{242}\text{Am}$  и  $^{244}\text{Am}$  корреляция процессов образования изомера и деления имеет место и для других спонтанно делящихся изомеров, то в ряде случаев можно ожидать очень больших сечений образования изомеров при радиационном захвате тепловых нейтронов.

Действительно, ядра с нечетным числом нейтронов  $^{233}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  / характеризуются очень высоким сечением деления /например, сечение деления тепловыми нейтронами  $^{235}\text{U}$  составляет 582 барн,  $^{239}\text{Pu}$  - 740 барн/. Поэтому можно предполагать, что и сечение образования изомера будет достаточно большим /до десятка миллибарн/. К сожалению, прямые измерения сечения образования спонтанно делящихся изомеров  $^{236}\text{U}$  и  $^{240}\text{Pu}$  с пульсирующим пучком нейтронов при радиационном захвате оказались неудачными из-за высокого фона от рассеянных нейтронов малых энергий. Поэтому были проведены опыты по измерению этих сечений при захвате тепловых нейтронов с использованием описанной выше методики задержанных совпадений.

Было измерено временное распределение импульсов осколков деления, задержанных по отношению к импульсам электронов конверсии в диапазоне энергий 15-100 кэв. Счетчиком осколков служил кремниевый поверхностно-барьерный детектор, а счетчиком электронов конверсии - пластический сцинтиллятор толщиной 100 микрон. Облучаемая тепловыми нейтронами мишень помещалась между этими счетчиками. Электроны конверсии перед попаданием на сцинтиллятор проходили подложку мишени /2 микрона  $\text{Al}$  /. При такой тонкой подложке осколки деления также регистрировались сцинтиллятором. В результате этого в случае мгновенных совпадений осколков и электронов конверсии выделение энергии в сцинтилляторе было значительно больше 100 кэв. Поэтому импульсы сцинтилляционного счетчика не попадали в выбранный диапазон энергий /15-100 кэв/ и не подавался на временной анализ. Таким способом в значительной степени были подавлены мгновенные совпадения и созданы лучшие условия для анализа задержанных совпадений.

С помощью описанной выше методики были проведены измерения совпадений осколков деления с электронами конверсии в интервале энергий 15-100 кэв при облучении мишеней  $^{233}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$  тепловыми нейтронами. Первая реакция ( $^{233}\text{U}+n$ ) была выбрана для определения формы пика мгновенных совпадений, так как в этом случае образующееся при захвате нейтрона ядро  $^{234}\text{U}$  не имеет изомерного уровня, распадающегося путем деления.

Из сравнения временных спектров в обеих реакциях видно, что в случае реакции  $^{235}\text{U}+n$  /2/ наблюдается слабая ветвь задержанных совпадений, связанная с электронами конверсии, предшествующими делению. После вычитания фона можно было определить период полураспада этой ветви, который оказался равным  $(70 \pm 50)_{-30}^{\pm 50}$  нсек, что соответствует периоду полураспада спонтанно делящегося изомера  $^{236}\text{U}$ . Форма фонового распределения была получена в результате измерения временного спектра совпадений в реакции  $^{233}\text{U}+n$ , которая была снята в тех же условиях, что и реакция  $^{235}\text{U}+n$  /в обоих случаях, изменяя поток нейтронов, выбирали одинаковыми интенсивности счета в каналах осколков деления и электронов конверсии, что должно было приводить к одинаковому уровню случайных совпадений и отклонению формы пика мгновенных совпадений от распределения Гаусса/.

Отношение числа запаздывающих совпадений к числу измеренных в течение опыта осколков мгновенного деления /с учетом эффективности регистрации электронов конверсии/ оказалось равным  $\sim 5 \cdot 10^{-5}$ . Ошибка в определении этого отношения - не менее 50%, и связана в основном с неточностью в проведении линии фона. Таким же, по-видимому, будет и отношение сечения образования спонтанно делящегося изомера  $^{236}\text{U}$  к сечению вынужденного деления  $^{235}\text{U}$  тепловыми нейтронами.

В третьей главе описывается исследование спектров гамма-лучей, электронов конверсии, приводящих к образованию спонтанно делящегося изомера  $^{236}\text{U}$  /6/. Этот изомер был выбран для измерений, несмотря на сравнительно низкое отношение  $\sigma_i / \sigma_f$ , из-за удобного периода полураспада /100 нсек/ [7-10], низкой активности мишени и возможности получения на нейтронных пучках реактора.

Опыты по измерению спектров гамма-лучей проводились в Центральном институте физических исследований /Будапешт/. Источником тепловых нейтронов служил реактор ЦИФИ. Мишень  $^{235}\text{U}$  была изготовлена на алюминиевой подложке. Толщина слоя  $^{235}\text{U}$  составляла 2 мг/см<sup>2</sup>. Детектором осколков деления

являлся газовый сцинтилляционный счетчик, наполненный смесью чистых газов  $80\% \text{Ag} + 20\% \text{N}_2$  при давлении 1 атм.

В качестве счетчика гамма-излучения был использован  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектор объемом  $4 \text{ см}^3$ , окруженный толстым слоем свинца. Энергетическое разрешение счетчика составляло 3кэв. Счетчик находился на расстоянии  $\sim 1,0 \text{ см}$  от урановой мишени. Аппаратура устанавливалась на канале реактора, снабженном механическим селектором /ротатором/, который выделял тепловую область энергии нейтронов и служил защитой от мощного потока гамма-лучей, выходящих из активной зоны. Диаметр пучка нейтронов равнялся приблизительно 1 см, интенсивность частиц - около  $10^7$  н/сек.см<sup>2</sup>.

Импульсы с обоих детекторов подавались на электронную схему быстро-медленных совпадений. Отбор событий по времени производился с помощью быстрой схемы совпадений, построенной на время-амплитудном преобразователе. Конвертор работал по принципу "старт-стоп". Импульсы, идущие от германиево-литиевого счетчика, запускали схему, импульсы от осколков деления, проходящие через калибровочную линию задержки, ее останавливали. Измеряемый интервал времени между приходом гамма-кванта и осколком деления конвертор преобразовывал в сигнал, пропорциональный данному временному интервалу. Оба импульса /с конвертора и спектрометрического усилителя/ подавались на 4096-канальный амплитудный анализатор, работающий в двумерном режиме /1024x4/.

Полученные таким образом 4 спектра  $\gamma$ -лучей соответствовали различным интервалам времени относительно момента испускания осколков.

Опыты по измерению спектров электронов конверсии проводились на нейтронном генераторе Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Тепловые нейтроны получались при замедлении нейтронов с энергией 14,7 Мэв в парафине. Осколки деления и электроны конверсии измерялись поверхностно-барьерными детекторами. Детектор электронов был удален на расстояние 50 см от мишени, и электроны транспортировались к нему с помощью магнитной катушки. Это значительно снижало фон гамма-излучения, возникающего при захвате нейтронов окружающими мишень материалами. Электронная часть установки была такой же, как и в опытах по измерению спектров гамма-лучей.

В обоих опытах были использованы детекторы осколков с высокой эффективностью регистрации /близкой к 100%/ . В результате этого во время регистрации каждого гамма-кванта или электрона конверсии, испускаемого при делении,

регистрировался и осколок деления. Поэтому импульсы от таких гамма-квантов или электронов конверсии попадали в пик мгновенных совпадений и уже не могли вызывать случайных совпадений. В результате был существенно снижен их фон.

Анализ спектров  $\gamma$ -лучей и электронов конверсии показал, что в этих спектрах можно отметить ряд линий, опережающих по времени осколки деления.

В IV главе обсуждается различная интерпретация тех  $\gamma$ -и конверсионных линий, которые предшествуют делению. В ряде случаев эти линии могут быть связаны с радиационными переходами во второй потенциальной яме, предшествующими образованию спонтанно делящегося изомера  $^{236}\text{U}$ . На основании этих переходов делается попытка построить схему уровней во второй яме, т.е. схему уровней при аномально высокой деформации.

Предполагается, что первый уровень со спином  $2^+$  имеет энергию 23 кэв. О существовании такого уровня можно заключить по двум парам  $\gamma$ -линий, отличающихся по энергии на 23 кэв. Этот уровень является первым в ротационной полосе, построенной на изомерном состоянии. Из энергии уровня следует, что момент инерции ядра в изомерном состоянии вдвое больше, чем в основном, где энергия первого уровня  $2^+$  - 46 кэв<sup>/11/</sup>. Такое же соотношение между моментами инерции ядра в основном и изомерном состояниях было получено в работе Х.Шпехта и др.<sup>/12/</sup> для ядра  $^{240}\text{Pu}$  /была идентифицирована ротационная полоса, построенная на изомерном состоянии/.

Ряд  $\gamma$ -линий можно связать с существованием уровней при энергиях 474 и 850 кэв. Эти уровни, лежащие ниже энергии спаривания, по-видимому, можно отнести к вибрационным.

О существовании более высоколежащих коллективных уровней во второй потенциальной яме можно судить по подбарьерным делительным резонансам. В ядре  $^{236}\text{U}$  такой резонанс обнаружен в реакции  $(d, p, t)$ <sup>/13/</sup> при энергии 5,0 Мэв. Отсюда можно предполагать о наличии  $\beta$ -вибрационного уровня во второй яме при энергии 2,0 Мэв /энергия изомерного уровня не измерена, но, по оценкам, составляет  $\sim 3,0$  Мэв/. Этот уровень, по-видимому, является вторым или третьим членом  $\beta$ -вибрационной полосы.

В 4 главе также обсуждаются /для сравнения/ схемы уровней во второй яме и для других четно-четных ядер / $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ /, построенные на основании измерения спектров электронов конверсии, подбарьерных резонансов в реакциях  $(d, pf)$ <sup>/11/</sup> и  $(n, f)$ <sup>/14,15/</sup>, а также измерений порогов реакций, связанных с образованием изомерных состояний<sup>/16/</sup>.

В заключении перечисляются основные результаты представленной работы:

1. Налажена методика анализа по амплитуде и времени спектров  $\gamma$ -лучей и электронов конверсии.
2. Измерены сечения образования ряда спонтанно делящихся изомеров  $U$ ,  $Pu$  и  $Am$  в реакциях с нейтронами при энергии 14,7 Мэв и тепловыми.
3. Измерены спектры  $\gamma$ -квантов и электронов конверсии, связанных с образованием спонтанно делящегося изомера  $^{236}U$  при радиационном захвате тепловых нейтронов.
4. Проведено обсуждение полученных результатов на основе схемы возбужденных состояний во второй потенциальной яме.

Работа была выполнена в Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований в период 1968-1973 г.г.

Основные результаты диссертации опубликованы в статьях /2,3,4,5,6/ и доложены на XXI Всесоюзной конференции по ядерной спектроскопии.

#### Литература

1. V.M.Strutinsky. *Nucl.Phys.*, A95, 420 (1967).
2. А.Г.Белов, Ю.П.Гангрский, Б.Далхсурэн, А.М.Кучер. *ЯФ*, 14, 685 /1971/.
3. A.G.Belov, Yu.P.Gangrsky, B.Dalkhsuren, A.M.Kucher, T.Nagy, D.Nadkarni. Preprint JINR E15-6807, Dubna, 1972.
4. B.Dalkhsuren, G.N.Fierov, Yu.P.Gangrsky, Yu.A.Lazarev, B.N.Markov, Nguyen Cong Khanh. *Nucl.Phys.*, A148, 492 (1970).
5. Ю.П.Гангрский, Б.Далхсурэн, Ю.А.Лазарев, Б.Н.Марков, Нгуен Конг Кхань. *ПТЭ*, 2, 63 /1970/.
6. Ю.П.Гангрский, Б.Далхсурэн, Б.Н.Марков, Т.Надь, А.Лайтаи, И.Виннаи, Л.Йеки, Д.Клуге. Препринт ОИЯИ, P15-6147, Дубна, 1971.
7. N.L.Lark, G.Sletten, J.Pedersen and S.Bjornholm. *Nucl.Phys.*, A139, 481(1969).
8. K.L.Wolf, R.Vandenbosch, P.A.Russo, M.K.Mehta and C.R.Rudy. *Phys. Rev.*, C1, 2096 (1970).
9. A.J.Elwyn and A.T.G.Ferguson. *Nucl.Phys.*, A148, 337 (1970).
10. H.C.Britt and B.H.Erkkila. *Phys.Rev.*, C4, 1441 (1971).
11. Б.С.Джелепов, Л.К.Пекер, В.О.Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер. Изд-во АН СССР, М.-Л., 1963.
12. H.J.Specht, J.Weber, E.Konecny, D.Heinemann. *Phys.Lett.*, 41B, 43 (1972).
13. B.V.Back, J.P.Bondorf, G.A.Otroschenko, J.Pedersen and B.Rasmussen. *Nucl.Phys.*, A165, 449 (1971).
14. Х.Д.Андросенко, Г.Н.Смиренкин. *ЯФ* 12, 260 /1970/.

15. E.Lynn. 2nd IAEA Symposium on Physics and Chemistry of Fission, Vienna IAEA, p. 249.
16. P.limkilde and G.Sletten. *Journal de Physique, Comptes Rendus*, v. II (1972).

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 марта 1973 года.