

**АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ**

На правах рукописи
УДК 539.172

МАМАЮСУПОВА МУКАДДАС ИСМАИЛОВНА

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОМЕРНЫХ ОТНОШЕНИЙ ВЫХОДОВ
И СЕЧЕНИЙ РЕАКЦИЙ ТИПА (γ, n) И $(n, 2n)$
НА ЯДРАХ $110 \leq A \leq 144$**

01.04.16 – Физика атомного ядра и элементарных частиц

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Ташкент-2011

Работа выполнена в НИИ прикладной физики Национального университета Узбекистана и на кафедре ядерной и теоретической физики физического факультета Национального университета Узбекистана

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук,
доцент **Полвонов Сатимбой Раджапович**

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук
Холбаев Исобек

кандидат физико-математических наук
Запаров Эркин Арифович

Ведущая организация: Физико-технический институт
НПО «Физика-Солнце» АН РУз

Защита состоится «___» _____ 2011 г. в ___ часов на заседании
Объединенного специализированного совета Д015.15.02 по защите диссертаций
на соискание ученой степени доктора наук при Институте ядерной физики АН
РУз по адресу: 100214, г.Ташкент, пос.Улугбек, ИЯФ АН РУз. Тел.: 8-10-998-
71- 289-31-41, факс: 8-10-998-71-150-30-80.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ИЯФ АН РУз
и фундаментальной библиотеке АН РУз.

Автореферат разослан «___» _____ 2011 г.

Ученый секретарь Объединенного
специализированного совета
доктор физико-математических наук, профессор

Р. Ярмухамедов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность работы. В последнее время вновь наблюдается интерес к исследованиям относительной вероятности возбуждения изомерных состояний конечного ядра в фотоядерных реакциях, которая определяется как изомерное отношение выходов или сечений реакций. Исследование изомерных отношений позволяет получить информацию о механизме реакции, в частности, о моменте инерции ядра, о спиновой зависимости плотности уровней и о характере переходов между высоковозбужденными ядерными состояниями. Данные об изомерных отношениях выходов фотоядерных реакций необходимы для пополнения ядерных данных в этой области и для оптимизации экспериментов при проведении аналитических исследований методами гамма- и нейтронно-активационного анализа.

Большой интерес представляет изучение изомерных отношений выходов и сечений реакций типа (γ, n) на ядрах с $110 \leq A \leq 144$. В данном случае в результате фотоядерных реакций возбуждается изомерное состояние с одним и тем же спином и четностью $11/2^-$. Кроме того, эти ядра являются четно-четными и после поглощения γ -кванта имеют спин 1^- . Таким образом, возникают одинаковые условия для проведения экспериментов, т.е. одинаковые тип реакции и энергия возбуждения, одни и те же спины начального и конечного состояний. Следовательно, появляется возможность изучения изменений изомерных отношений выходов и сечений реакции при переходе от одного ядра к другому, которые определяются тем, как в этих ядрах меняется структура уровней, через которые происходит заселение изомерного состояния. Полученные экспериментальные данные позволяют судить как о статистических свойствах этих уровней, так и об их спектроскопических характеристиках – спинах, четностях, вероятностях переходов различных мультипольностей в изомерное состояние. Важное значение имеет проведение этих исследований в области выше гигантского дипольного резонанса. В этой области энергии изменяется механизм взаимодействия фотонов с ядрами, т.е. появляется возможность выяснения механизмов фотоядерных реакций. Аналогичную ситуацию можно заметить для реакции типа $(n, 2n)$ на ядрах $110 \leq A \leq 144$, в которой при фиксированной энергии нейтронов возбуждается изомерное состояние с одним и тем же спином и четностью $11/2^-$ и одинаковым вносимым в ядро моментом. Кроме того, в результате ядерных реакций типа (γ, n) и $(n, 2n)$ образуется один и тот же изомер. Сравнение результатов экспериментальных данных по изомерным отношениям в этих реакциях позволяет получить информацию о спиновой зависимости плотности ядерных уровней и о механизме ядерных реакций. В связи с этим актуальным является комплексное и систематическое изучение изомерных отношений выходов и сечений реакций (γ, n) и $(n, 2n)$ для широкого диапазона массового числа ядер и при сравнительно высоких энергиях.

Степень изученности проблемы. Экспериментальные исследования возбуждения изомерных состояний в фотоядерной реакции типа (γ, n) на ядрах с $110 \leq A \leq 144$ в ранее опубликованных работах проводились, в основном, в

области энергий 10-20 МэВ, т.е. в области гигантского дипольного резонанса. Имеется лишь несколько работ по измерению изомерных отношений выходов фотоядерных реакций при определенных фиксированных максимальных энергиях тормозного спектра. В области энергий выше $E_{\gamma} > 20$ МэВ не проводились комплексные исследования, т.е. тщательные измерения энергетических зависимостей изомерных отношений выходов и сечений фотоядерных реакций, ход изменений изомерных отношений в зависимости от массового числа изотопов, спина изомерных состояний и т.д. Благодаря таким исследованиям можно получить информацию о плотности ядерных уровней и о вкладе прямых процессов в механизм фотоядерных реакций в данной области энергий.

Необходимо отметить, что в ранних работах для определения изомерного отношения выходов и сечений реакций использовались недостаточно точные, а иногда и ошибочные данные о схемах распада изомерных пар. В настоящее время благодаря использованию прецизионных полупроводниковых детекторов, изготовленных из сверхчистого германия и достаточно точных сведений о схемах распада можно получить более надежные и точные данные об изомерных отношениях выходов и сечений реакций. Кроме того, значительная часть информации об изомерных отношениях, полученных в ранних работах, нуждается в уточнении на новом экспериментальном уровне: на более интенсивных и высокоэнергетических γ -пучках новых ускорителей с использованием для регистрации наведенной γ -активности прецизионных гамма-спектрометров и изотопических обогащенных мишеней.

Связь диссертационной работы с тематическими планами НИР. Работа выполнялась в НИИПФ НУУз в 2001-2006 гг. в рамках гранта ГКНТ РУз «Исследование фундаментальных характеристик электро- и фотоядерных реакций, сопровождаемых вылетом более одного нуклона на базе бетатрона СБ-50» (№ Ф-2.1.61) и в 2007-2011 гг. в рамках гранта ККРНТ РУз «Ядерно-физические и радиоспектроскопические исследования на базе ускорителей заряженных частиц» (№ ОТ-Ф2-085). Экспериментальные работы по нейтронной реакции типа $(n,2n)$ выполнены на нейтронном генераторе НГ-150 и в радиоаналитическом центре ИЯФ АН РУз в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве между НИИПФ НУУз и ИЯФ АН РУз (№2 от 2 ноября 2007 г.).

Целью исследования является получение новых экспериментальных данных об относительной вероятности возбуждения изомерных состояний конечного ядра в фотоядерных и нейтронных реакциях на ядрах с $110 \leq A \leq 144$ в области энергий 10-35 МэВ.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи:**

- отработать методику проведения экспериментов по изучению относительной вероятности возбуждения изомерных состояний конечного ядра в фотоядерных и нейтронных реакциях на сильноточном бетатроне СБ-50 НИИПФ НУУз и нейтронном генераторе НГ-150 ИЯФ АН РУз;

- идентифицировать образовавшиеся в результате фотоядерных и нейтронных реакций на ядрах с $110 \leq A \leq 144$ изотопы на основе анализа спектров γ -квантов;
- измерить выходы нейтронных реакций на ядрах $110 \leq A \leq 144$ при облучении исследуемого образца потоком нейтронов с энергией $E_n=14$ МэВ;
- измерить выходы фотонейтронных реакций на ядрах с $110 \leq A \leq 144$ при облучении исследуемого образца тормозными γ - квантами с максимальной энергией от 10 до 35 МэВ;
- определить методом мониторов дифференциальные сечения нейтронных реакций на ядрах $^{120,122,124,128,130}\text{Te}$ при энергии $E_n =14$ МэВ, интегральные и дифференциальные сечения фотонейтронных реакций на ядре ^{142}Nd в области энергий 12-25 МэВ с шагом 1 МэВ;
- провести анализ полученных экспериментальных данных с привлечением ранее полученных результатов других авторов в рамках существующих представлений о механизмах фотонейтронной и нейтронной реакций.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования является изомерное состояние атомных ядер с $110 \leq A \leq 144$. Предметом исследования является изомерное отношение выходов и сечений реакций типа (γ,n) и $(n,2n)$ на ядрах с $110 \leq A \leq 144$.

Методы исследования. Выходы и изомерные отношения входов реакций типа (γ,n) и $(n,2n)$ на исследуемых ядрах определялись методом наведенной активности. Полученные значения выходов пересчитаны на сечения соответствующих реакций методом разности фотонов.

Исследования проводились на тормозном пучке γ -квантов сильноточного бетатрона СБ-50 и нейтронном пучке нейтронного генератора НГ-150. Регистрация наведенной активности осуществлялась полупроводниковыми Ge(Li) - и HPGe – детекторами.

Гипотеза исследования. В результате ядерных реакций на ядрах с $110 \leq A \leq 144$ может образоваться один и тот же изомер, а также метастабильное состояние с одним и тем же спином и четностью $11/2^-$. Исследования изомерных отношений выходов и сечений реакций типа (γ,n) и $(n,2n)$ на этих ядрах позволяют получить новые экспериментальные данные о зависимости изомерных отношений от массового числа ядер, от числа протонов в ядре, от передаваемого момента. Результаты этих исследований могут быть использованы при уточнении вида функции распределения плотности ядерных уровней, ее энергетической и спиновой составляющих, а также выяснения механизмов распада высоковозбужденных коллективных состояний.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Измеренные дифференциальные сечения образования изомерных состояний в ядерных реакциях типа $(n,2n)$ на ядрах $^{120,122,124,128,130}\text{Te}$ при энергии нейтронов $E_n =14$ МэВ.

2. Измеренные изомерные отношения выходов и сечений реакции типа $(n,2n)$ на ядрах $^{120,122,124,128,130}\text{Te}$, ^{110}Pd , ^{142}Nd и ^{144}Sm при энергии нейтронов $E_n =14$ МэВ.

3. Измеренные дифференциальные сечения образования изомерных состояний фотоядерной реакции типа (γ, n) на ядре ^{142}Nd в области энергий 12-25 МэВ с шагом 1 МэВ.

4. Полученные энергетические зависимости изомерных отношений выходов фотоядерных реакций (γ, n) на ядрах ^{110}Pd , $^{122,130}\text{Te}$ и ^{142}Nd в области энергий 12-35 МэВ с шагом 1 МэВ.

5. Экспериментальные данные об изомерных отношениях интегральных сечений фотоядерных реакций $^{134}\text{Ba}(\gamma, n)^{133\text{m.g}}\text{Ba}$, $^{136}\text{Ba}(\gamma, n)^{135\text{m.g}}\text{Ba}$, $^{138}\text{Ba}(\gamma, n)^{137\text{m.g}}\text{Ba}$ и изомерных отношениях выходов реакции $^{116}\text{Cd}(\gamma, n)^{115\text{m.g}}\text{Cd}$, $^{138}\text{Ce}(\gamma, n)^{137\text{m.g}}\text{Ce}$ и $^{140}\text{Ce}(\gamma, n)^{139\text{m.g}}\text{Ce}$ при максимальной энергии тормозного излучения $E_{\gamma\text{max}} = 30$ МэВ.

Научная новизна.

- Впервые измерены дифференциальные сечения образования изомерных состояний фотоядерной реакции типа (γ, n) на ядре ^{142}Nd в области энергий 19-25 МэВ;

- Получены экспериментальные данные об энергетической зависимости изомерных отношений выходов фотоядерных реакций $^{142}\text{Nd}(\gamma, n)^{141\text{m.g}}\text{Nd}$, $^{144}\text{Sm}(\gamma, n)^{143\text{m.g}}\text{Sm}$, $^{110}\text{Pd}(\gamma, n)^{109\text{m.g}}\text{Pd}$, $^{122}\text{Te}(\gamma, n)^{121\text{m.g}}\text{Te}$ и $^{130}\text{Te}(\gamma, n)^{129\text{m.g}}\text{Te}$ в области энергий 20-35 МэВ;

- Обнаружен рост значения изомерных отношений выходов $d(E_{\gamma\text{max}})$ реакции (γ, n) на ядрах ^{110}Pd , ^{142}Nd и ^{144}Sm от порога реакции до ~ 17 МэВ и насыщение при энергиях выше ~ 17 МэВ;

- Впервые получены экспериментальные данные об изомерных отношениях интегральных сечений фотоядерных реакций $^{134}\text{Ba}(\gamma, n)^{133\text{m.g}}\text{Ba}$, $^{136}\text{Ba}(\gamma, n)^{135\text{m.g}}\text{Ba}$, $^{138}\text{Ba}(\gamma, n)^{137\text{m.g}}\text{Ba}$ и изомерных отношениях выходов реакции $^{116}\text{Cd}(\gamma, n)^{115\text{m.g}}\text{Cd}$, $^{138}\text{Ce}(\gamma, n)^{137\text{m.g}}\text{Ce}$ и $^{140}\text{Ce}(\gamma, n)^{139\text{m.g}}\text{Ce}$ при максимальной энергии тормозного излучения $E_{\gamma\text{max}} = 30$ МэВ.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Полученные экспериментальные результаты по изомерным отношениям выходов и сечений фотоядерных реакций на исследуемых ядрах с $110 \leq A \leq 144$ имеют важное значение при выяснении механизма фотоядерных реакций в области энергий за гигантским резонансом, создания теоретических моделей для описания таких реакций и для получения информации о свойствах высоковозбужденных состояний ядер, а также расширения базы ядерных данных по изомерным отношениям. Подобные экспериментальные данные в настоящее время отсутствуют для большинства ядер. Также полученные результаты могут быть использованы в прикладной ядерной физике.

Реализация результатов. Полученные результаты могут быть применены для оценки аналитических возможностей гамма - активационного анализа и при разработке новых конкретных методик анализа с наилучшими метрологическими характеристиками.

Сравнение экспериментальных данных по изомерному отношению полученных в данной работе с результатами расчетов по статистической теории

ядра, позволяет получить информацию о спиновой зависимости плотности уровней ядра.

Апробация работы. Результаты диссертации докладывались на республиканских, международных конференциях и научных школах: 5th International Conference on Nuclear Science and its Application, 2008, Ankara, Turkey; International Conference «Modern Problems of Nuclear Physics» MPNP-2006, MPNP-2009, Tashkent, Uzbekistan; Республиканская конференция «Физика в Узбекистане», посвященная «Году физики», 2005, Ташкент.

Опубликованность результатов. Материалы диссертационной работы опубликованы в 5 научных статьях и 8 тезисах докладов на республиканских и международных конференциях.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитированной литературы из 71 наименования. Она изложена на 105 страницах, включая 32 рисунков, 19 таблиц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, оценивается научная новизна и практическая значимость полученных результатов, определены основные положения, выдвигаемые на защиту.

Первая глава диссертации посвящена обзору и анализу литературных данных по исследованию возбуждения изомерных состояний конечного ядра в фотоядерных и нейтронных реакциях на ядрах с $110 \leq A \leq 144$ и обоснована актуальность проведения исследований изомерного отношения выходов и сечений реакций типа (γ, n) и $(n, 2n)$ в указанной области массовых чисел с $110 \leq A \leq 144$, находящихся вблизи замкнутой оболочки $N=82$. Кратко они сводятся к следующему:

- экспериментальные исследования возбуждения изомерных состояний в фотоядерной реакции типа (γ, n) на ядрах с $110 \leq A \leq 144$ проводились в основном в области энергий 10-20 МэВ;

- измерение изомерных отношений выходов фотоядерных реакций в области энергий $E_\gamma > 20$ МэВ проводилось лишь при определенных фиксированных максимальных энергиях тормозного спектра;

- в области энергий выше $E_\gamma > 20$ МэВ не проводилось комплексное исследование, т.е. тщательное измерение энергетических зависимостей изомерных отношений выходов и сечений фотоядерных реакций, эволюции изомерных отношений в зависимости от массового числа изотопов, спина изомерных состояний и т.д.;

- относительно хорошо изучены изомерные отношения выходов и сечений $(n, 2n)$ -реакций для ^{142}Nd и ^{144}Sm . В меньшей степени $(n, 2n)$ -реакций для ^{110}Pd , ^{130}Te , ^{120}Te , ^{122}Te ;

- точность и достоверность ранее выполненных работ значительно можно улучшить с применением в экспериментах более интенсивных и высокоэнергетических пучков тормозного гамма-излучения и подходящего по

энергии пучка нейтронного излучения и использованием более прецизионной системы детектирования ядерного излучения, а также более достоверных данных о схемах распада изомерных пар;

- сделан вывод о том, что благодаря этим исследованиям можно получить информацию о плотности ядерных уровней и о вкладе прямых процессов в механизм фотоядерных и нейронных реакций в данной области энергий.

Во второй главе приведены основные параметры использованных экспериментальных установок и методик. Исследования проводились на сильноточном бетатроне СБ-50 НИИ прикладной физики Национального университета Узбекистана и нейтронном генераторе НГ-150 Института ядерной физики АН РУз.

Эксперименты по реакции (γ, n) проводились на тормозном γ -пучке бетатрона СБ-50 в области энергий 10-35 МэВ с шагом 1 МэВ. Временные режимы, т.е. время облучения, паузы и измерения выбирали в соответствии с периодом полураспада образующихся радионуклидов. В качестве мишени использовались теллур, барий, палладий, неодим и самарий в природной смеси изотопов. Для повышения мощности дозы облучение проводили внутри ускорительной камеры сильноточного бетатрона СБ-50 на расстоянии 12 см от вольфрамовой тормозной мишени, куда образец, находящийся в специальном контейнере, доставлялся с помощью пневмотранспортной установки типа К5-2А. Время доставки образца до места облучения пневмотранспортной установкой составляет ~ 4 с.

Источником нейтронов служил нейтронный генератор НГ-150, который генерирует потоки быстрых нейтронов с энергиями ~ 2.4 и 14 МэВ из реакций $D+d \rightarrow {}^3\text{He}+n$ или $T+d \rightarrow \alpha+n$ при использовании дейтериевых и тритиевых мишеней. При этом потоки нейтронов составляют соответственно $\sim 10^8$ и 10^{10} нейтрон/с. Время облучения нейтронным потоком с энергией 14 МэВ составляет 10 мин.

Наведенная активность мишеней измерялась на гамма-спектрометре фирмы Canberra, состоящем из германиевого детектора HPGe (с относительной эффективностью 15 %, энергетическим разрешением 1,8 кэВ на линии 1332 кэВ ${}^{60}\text{Co}$), цифрового анализатора DSA 1000 и персонального компьютера с программным пакетом Genie 2000 для набора и обработки гамма-спектров. Калибровка гамма-спектрометра по энергии проводилась с помощью стандартного набора источников ОСГИ, измерения выполнены в стандартной геометрии, в которой были градуированы детектор по эффективности. Гамма-спектры мишеней измерялись в течение 3-60 минут после паузы 0,5-40 минут после окончания их облучения.

В третьей главе рассмотрены результаты исследования возбуждения изомерных состояний ядер из реакции типа $(n, 2n)$ на ядрах ${}^{120,122,124,128,130}\text{Te}$ и из реакции (γ, n) на ядрах ${}^{122,130}\text{Te}$. Также приведены результаты исследования изомерных соотношений выходов и сечений реакций типа (γ, n) и $(n, 2n)$ на ядрах ${}^{110}\text{Pd}$, ${}^{142}\text{Nd}$ и ${}^{144}\text{Sm}$.

Исследования возбуждения изомерных состояний в реакциях $(n, 2n)$ на ядрах теллура-120,122,124,128,130 проводились на нейтронном генераторе НГ-

150 Института ядерной физики АН РУз. Время облучения нейтронным потоком с энергией 14 МэВ составляло 30-40 мин. В качестве мишени использовался теллур в природной смеси изотопов. Для получения абсолютных значений сечений реакции использовали метод мониторов, т.е. метод сравнения выходов и сечений исследуемой и мониторинговой реакции. Гамма-спектр (n,2n) реакции на изотопах теллура приведен на рис. 1.

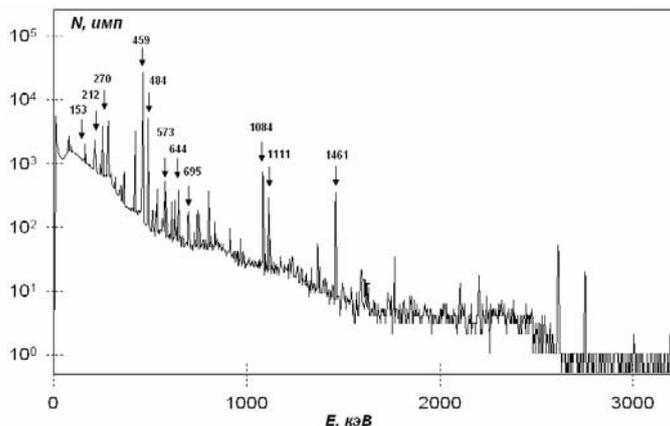


Рис.1. Гамма-спектр (n,2n)-реакции на изотопах теллура

Для контроля и анализа наших экспериментальных результатов проводился расчет сечений реакций. Расчеты проводились по следующим соотношениям [1]:

$$\sigma_{2n}, \text{ мб} = \begin{cases} (1000 + 7,5A)(7,8 \frac{N-Z}{A} - 0,234), & \text{если } \frac{N-Z}{A} \leq 0,13; \\ (1000 + 7,5A)(0,65 + \frac{N-Z}{A}), & \text{если } \frac{N-Z}{A} > 0,13 \end{cases} \quad (1)$$

Расчет по формуле (1) согласуется с экспериментальными данными в пределах 10-15% для ядер с параметром $(N-Z)/A > 0,06$. При $(N-Z)/A < 0,06$ результаты вычислений существенно превышают экспериментальные сечения из-за неучета при выводе формулы конкуренции реакции (n,np). Результаты расчетов $\sigma_{\text{рас}}$ приведены в табл. 1. В данной таблице также приведены имеющиеся экспериментальные результаты $\sigma_{\text{экс}}$ и сечение σ_c , полученное на основе систематической зависимости от числа протонов и нейтронов.

Таблица 1

Сечения реакций (n,2n) на изотопах теллура

Реакция	$\sigma_{\text{рас}}$, мб	σ_c , мб	$\sigma_{\text{экс}}$, мб	Источник
$^{120}\text{Te}(n,2n)^{119}\text{Te}$	1539	-	1300±130	[1]
$^{122}\text{Te}(n,2n)^{121}\text{Te}$	1532	-	1550±100	[1]
$^{124}\text{Te}(n,2n)^{123}\text{Te}$	1563	1570	-	-
$^{125}\text{Te}(n,2n)^{124}\text{Te}$	1583	1590	-	-
$^{126}\text{Te}(n,2n)^{125}\text{Te}$	1595	1620	-	-
$^{128}\text{Te}(n,2n)^{128}\text{Te}$	1646	-	1690±130	[1]
$^{130}\text{Te}(n,2n)^{129}\text{Te}$	1679	-	1700±120	[1]

Результаты экспериментальных данных, полученных в данной работе, представлены в табл. 2 и 3. Ошибки измерений, приведенные в этих таблицах определяются статистической погрешностью счетов в фотопике измеряемой γ -линии и эффективностью регистрации γ -излучения. В табл. 2 также приведены результаты других работ. Как видно из этой таблицы наши результаты по сечению образования изомерного состояния в реакции $^{120}\text{Te}(n,2n)^{119}\text{Te}$ в пределах погрешностей согласуются с данными работы [2].

Таблица 2

Сечения реакций (n,2n) на изотопах теллура

Реакция	E _n , МэВ	σ, мб		Источник
		m	g	
$^{120}\text{Te}(n,2n)^{119}\text{Te}$	14,0	571±55	560±51	Настоящая работа
	14,1	547±49	601±46	[2]
	14,5	750±41	553±27	[3]
	14,7	597±56	-	[4]
$^{122}\text{Te}(n,2n)^{121}\text{Te}$	14,0	697±65	710±50	Настоящая работа
	14,1	757±70	746±60	[2]
	14,6	640±33	694±35	[3]
	14,7	646±62	-	[4]
$^{124}\text{Te}(n,2n)^{123}\text{Te}$	14,0	960±70	стабильное	Настоящая работа
	14,1	847±64	стабильное	[2]
	14,6	629±30	стабильное	[3]
$^{128}\text{Te}(n,2n)^{128}\text{Te}$	14,0	-	550±30	Настоящая работа
	14,1	-	540±40	[2]
	14,6	-	481±23	[3]
	14,7	-	536±60	[4]
$^{130}\text{Te}(n,2n)^{129}\text{Te}$	14,0	960±58	732±51	Настоящая работа
	14,1	1030±52	-	[2]
	14,6	1014±56	-	[3]
	14,7	1101±102	-	[4]

Результаты по сечению образования основного состояния хорошо согласуются между собой. В случае реакции $^{122}\text{Te}(n,2n)^{121}\text{Te}$ данные всех работ в пределах погрешностей согласуются между собой. Для реакции $^{124}\text{Te}(n,2n)^{123m}\text{Te}$ наши результаты в пределах погрешности согласуются с данными работы [2]. Данные работы [3] занижены. Может быть это связано с поведением функции возбуждений данной реакции при высоких энергиях. В случае реакции $^{128}\text{Te}(n,2n)^{128}\text{Te}$ данные всех работ хорошо согласуются за исключением данных работы [2]. Для реакции $^{130}\text{Te}(n,2n)^{129}\text{Te}$ сечения образования изомерного состояния определены в работах [2,3,4]. Эти данные хорошо согласуются между собой. В этой работе также определено сечение возбуждения основного состояния. На основе результатов, приведенных в табл.2, можно определить изомерные отношения сечений реакций, которые приведены в табл.3.

Таблица 3

**Изомерные отношения выходов и сечений реакции типа
(n,2n) на изотопах теллура**

Реакция	σ_m/σ_g	E_n , МэВ	Источник
$^{120}\text{Te}(n,2n)^{119}\text{Te}$	1,02±0,13	14,0	Настоящая работа [2] [3]
	0,91±0,11	14,1	
	1,35±0,09	14,6	
$^{122}\text{Te}(n,2n)^{121}\text{Te}$	0,98±0,11	14,0	Настоящая работа [2] [3]
	1,01±0,12	14,1	
	0,92±0,07	14,6	
$^{124}\text{Te}(n,2n)^{123}\text{Te}$	0,62±0,06*	14,0	Настоящая работа
$^{128}\text{Te}(n,2n)^{128}\text{Te}$	1,20±0,16*	14,0	Настоящая работа
$^{130}\text{Te}(n,2n)^{129}\text{Te}$	1,31±0,12	14,0	Настоящая работа

*Приведено значение $r = \sigma_m / \sigma_{tot}$

В случае реакции (n,2n) на ядре ^{124}Te образуется изомер ^{123m}Te , основное состояние которого стабильно. В этом случае изомерные отношения сечений реакции определяются как отношения сечения образования изомерного состояния к общему сечению реакции - $r = \sigma_m / \sigma_{tot}$. По данным, приведенным в табл.3, можно построить функции возбуждений реакций. Как видно из этой таблицы, четкой зависимости изомерного отношения выхода и сечений реакции типа (n,2n) на изотопах теллура от массового числа A, числа протонов и числа нейтронов, не наблюдается.

Проведены исследования зависимости изомерного отношения выходов $d=Y_m/Y_g$ реакций $^{122}\text{Te}(\gamma,n)^{121m,g}\text{Te}$ и $^{130}\text{Te}(\gamma,n)^{129m,g}\text{Te}$ от максимальной энергии тормозного излучения $E_{\gamma_{max}}$ в области энергий 25÷30 МэВ с шагом $\Delta E_{\gamma_{max}} = 1$ МэВ. Заселение изомерного и основного уровней идентифицировали по γ -линиям. Изомерные отношения выходов рассчитывались по формуле [5]. Полученные результаты приведены в табл. 4.

Ранее в работе [6] изомерные отношения выходов Y_m/Y_g реакции (γ,n) на ядре ^{130}Te измерены в области энергий 20-70 МэВ с шагом 10 МэВ, результаты которых в пределах погрешностей согласуются с нашими результатами. Также наши результаты в пределах погрешностей согласуются с данными работы [7], полученными при $E_{\gamma_{max}} = 25$ МэВ. В области энергий 25-30 МэВ изомерные отношения выходов реакции (γ,n) на ядрах $^{122,130}\text{Te}$ определены впервые.

Исследована энергетическая зависимость изомерного отношения выходов $d(E_{\gamma_{max}})=Y_m/Y_g$ фотоядерной реакции типа (γ,n) на ядрах ^{110}Pd , ^{142}Nd и ^{144}Sm в области энергий 10-35 МэВ с шагом 1 МэВ. Кроме этого, на этих ядрах также изучено изомерное отношение в реакции (n,2n).

Изомерные отношения выходов реакций
 $^{122}\text{Te}(\gamma, n)^{121m, g}\text{Te}$ и $^{130}\text{Te}(\gamma, n)^{129m, g}\text{Te}$

Реакция	$E_{\gamma\text{max}}$, МэВ	Y_m/Y_g	Источник
$^{122}\text{Te}(\gamma, n)^{121m, g}\text{Te}$	25	$0,26 \pm 0,02^*$	[7]
	25	$0,28 \pm 0,01$	Настоящая работа
	26	$0,27 \pm 0,01$	Настоящая работа
	27	$0,28 \pm 0,01$	Настоящая работа
	28	$0,27 \pm 0,01$	Настоящая работа
	29	$0,28 \pm 0,01$	Настоящая работа
	30	$0,27 \pm 0,01$	Настоящая работа
$^{130}\text{Te}(\gamma, n)^{129m, g}\text{Te}$	20	$0,45 \pm 0,06$	[6]
	25	$0,45 \pm 0,05^*$	[7]
	25	$0,48 \pm 0,03$	Настоящая работа
	26	$0,49 \pm 0,02$	Настоящая работа
	27	$0,49 \pm 0,02$	Настоящая работа
	28	$0,48 \pm 0,02$	Настоящая работа
	29	$0,49 \pm 0,02$	Настоящая работа
	30	$0,48 \pm 0,02$	Настоящая работа

*Приведено значение $r_{\text{int}} = \sigma_{\text{int}}^m / \sigma_{\text{int}}^g$

Полученные результаты приведены на рис.2. Абсолютная ошибка изомерных отношений выходов определяется статистической погрешностью счетов в фотопике измеряемой γ -линии и эффективностью регистрации γ -излучения.

Результаты измерений показали, что значение изомерных отношений выходов Y_m/Y_g растет от порога реакции до ~ 17 МэВ. Одним из возможных механизмов, приводящих к значительному увеличению значений изомерных отношений для исследуемых ядер, является вклад прямых процессов в области максимума гигантского резонанса и выше. Возможно, в данном случае также, увеличение изомерных отношений выходов реакции связано с увеличением моментов, уносимых квазипрямыми нейтронами, а также с тем, что с ростом энергии увеличивается число каскадных γ -переходов, снимающих возбуждение ядра. При энергии выше ~ 17 МэВ ($E_{\gamma\text{max}} \geq E_m + \Gamma$, где E_m - положение максимума, Γ – полуширина гигантского дипольного резонанса) наступало насыщение кривой Y_m/Y_g , поскольку дальнейшее увеличение плотности уровней, возможно, не меняло заметным образом вероятность образования каскадов, приводящих к метастабильным состояниям.

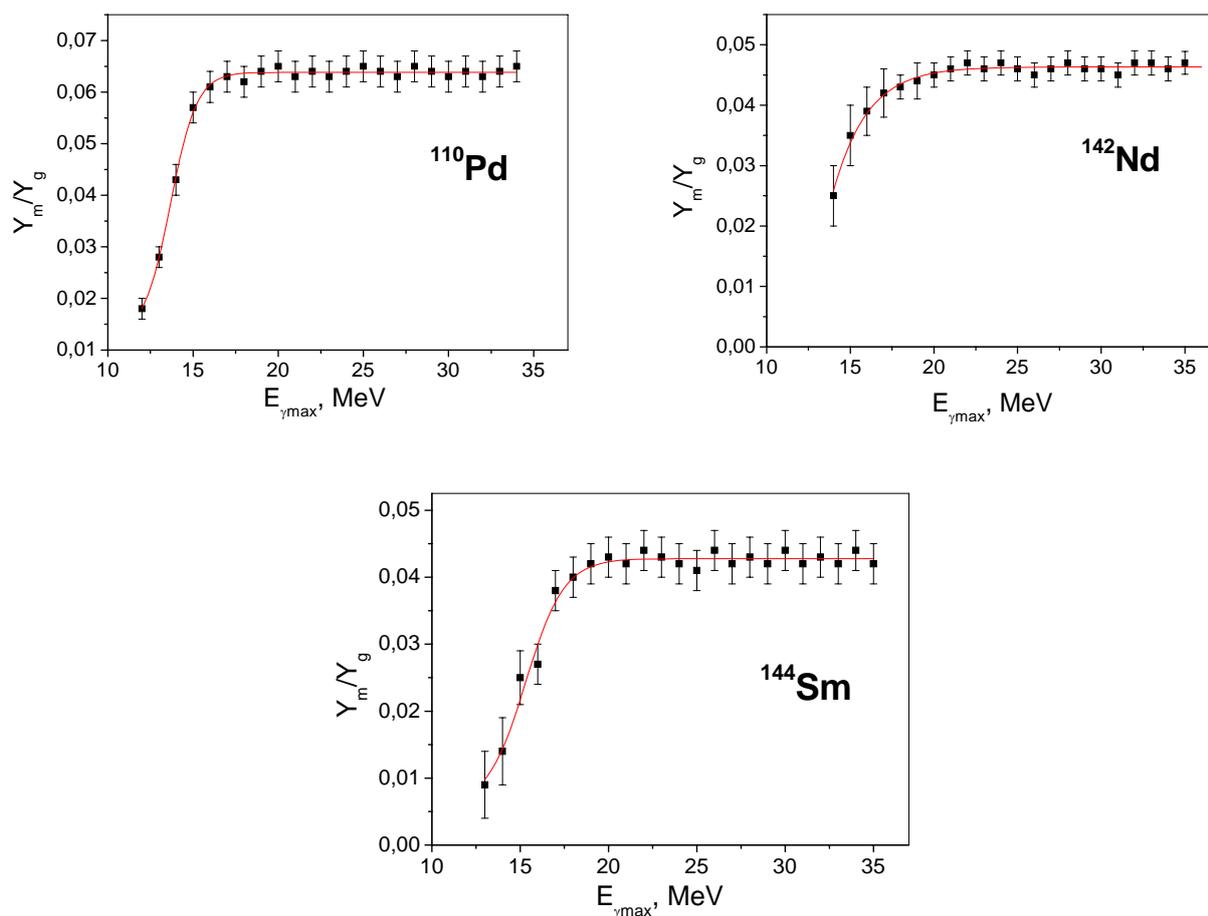


Рис. 2. Энергетическая зависимость изомерного отношения выходов реакций $^{110}\text{Pd}(\gamma, n)^{109m, g}\text{Pd}$, $^{142}\text{Nd}(\gamma, n)^{141m, g}\text{Nd}$ и $^{144}\text{Sm}(\gamma, n)^{143m, g}\text{Sm}$

В табл. 5 приведены экспериментальные результаты наших измерений и для сравнения приведены также ранее полученные данные. Как видно, результаты всех работ по изомерным отношениям для реакции $^{142}\text{Nd}(\gamma, n)^{141m, g}\text{Nd}$ в диапазоне энергии 15-25 МэВ в пределах погрешностей согласуются за исключением данных работ [7, 8, 9] (табл. 2). В области энергий возбуждения выше гигантского дипольного резонанса, т.е. в области 21-35 МэВ энергетическая зависимость изомерных отношений выходов реакции $^{142}\text{Nd}(\gamma, n)^{141m, g}\text{Nd}$ определена впервые.

Значения изомерных отношений в области насыщения на кривой энергической зависимости изомерных отношений выходов, полученные в работе [8], немного выше по сравнению с данными других работ (табл. 5). Вероятно, это связано с тем, что в работе [8] они получены при значительно более высокой энергии ($E_{\gamma}=55$ МэВ). Результаты работы [9] резко отличаются от других. Не исключено, что это связано с особенностями энергетической зависимости изомерных отношений.

Таблица 5

**Изомерные отношения выходов реакции типа (γ,n)
на ядрах ^{110}Pd , ^{142}Nd и ^{144}Sm**

Реакция	$E_{\gamma\text{max}}$, МэВ	Y_m/Y_g	Источник
$^{110}\text{Pd}(\gamma,n)^{109\text{m,g}}\text{Pd}$	15,0	$0,060\pm 0,005$	[11]
	16,5	$0,062\pm 0,005$	[11]
	18,5	$0,068\pm 0,005$	[11]
	20,5	$0,072\pm 0,006$	[11]
	25	$0,060\pm 0,007^{**}$	[7]
	25	$0,065\pm 0,003$	Настоящая работа
	30	$0,063\pm 0,003$	Настоящая работа
	55	$0,11\pm 0,02$	[7]
$^{142}\text{Nd}(\gamma,n)^{141\text{m,g}}\text{Nd}$	15,0	$0,022\pm 0,002$	[11]
	16,5	$0,045\pm 0,004$	[11]
	15	$0,042\pm 0,007^*$	Настоящая работа
	18	$0,049\pm 0,004$	[11]
	20,5	$0,052\pm 0,006$	[11]
	18	$0,046\pm 0,003$	[12]
	18	$0,043\pm 0,002$	Настоящая работа
	20	$0,045\pm 0,002$	Настоящая работа
	25	$0,061\pm 0,010^{**}$	[7]
	55	$0,055\pm 0,0006$	[8]
	70	$0,19\pm 0,01$	[9]
$^{144}\text{Sm}(\gamma,n)^{143\text{m,g}}\text{Sm}$	15,0	$0,031\pm 0,003$	[11]
	16,5	$0,039\pm 0,003$	[11]
	18,0	$0,043\pm 0,003$	[11]
	20,5	$0,044\pm 0,003$	[11]
	25	$0,047\pm 0,004^{**}$	[7]
	25	$0,041\pm 0,002$	Настоящая работа

* Приведено значение $r = \sigma^m / \sigma^g$

** Приведено значение $r_{\text{int}} = \sigma_{\text{int}}^m / \sigma_{\text{int}}^g$

Для реакции $^{110}\text{Pd}(\gamma,n)^{109\text{m,g}}\text{Pd}$ результаты, полученные нами в пределах погрешностей, согласуются с данными других работ (кроме работы [8]). Изомерные отношения для реакции $^{144}\text{Sm}(\gamma,n)^{143\text{m,g}}\text{Sm}$ согласуются в пределах погрешностей измерения. Как видно из табл. 6, для реакций $^{142}\text{Nd}(\gamma,n)^{141\text{m,g}}\text{Nd}$ и $^{144}\text{Sm}(\gamma,n)^{143\text{m,g}}\text{Sm}$ изомерные отношения интегральных сечений [7] несколько превышают изомерные отношения выходов, которые можно объяснить несовпадением порогов фотоядерных реакций (γ,n) и (γ,n)^m.

Таблица 6

**Изомерные отношения выходов реакции типа (n,2n)
на ядрах ^{110}Pd и ^{144}Sm**

Реакция	E_n , МэВ	Y_m/Y_g	Источник
$^{110}\text{Pd}(n,2n)^{109m,g}\text{Pd}$	14	$0,41 \pm 0,03$	[11]
	14	$0,449 \pm 0,049$	[13]
	14	$0,360 \pm 0,023$	[14]
	14	$0,42 \pm 0,03$	Настоящая работа
$^{142}\text{Nd}(n,2n)^{141m,g}\text{Nd}$	14	$0,46 \pm 0,04$	[10]
	14	$0,463 \pm 0,051$	[13]
	14	$0,537 \pm 0,061$	[9]
$^{144}\text{Sm}(n,2n)^{143m,g}\text{Sm}$	14	$0,70 \pm 0,06$	[10]
	14	$0,871 \pm 0,096$	[13]
	14	$0,635 \pm 0,088$	[10]
	14	$0,782 \pm 0,078$	[15]
	14	$0,75 \pm 0,07$	Настоящая работа

В случае реакции (n,2n) (табл. 6) данные всех работ в пределах погрешностей измерений согласуются. Полученные значения изомерного отношений в работе [10], относительно результатов других работ, несколько занижены. В области 20-35 МэВ энергетическая зависимость изомерных отношений выходов реакции $^{110}\text{Pd}(\gamma,n)^{109m,g}\text{Pd}$ и $^{144}\text{Sm}(\gamma,n)^{143m,g}\text{Sm}$ определена впервые.

Установлено, что вероятность образования изомерного состояния $11/2^-$ на исследуемых ядрах в реакции (n,2n) больше, чем в реакциях (γ,n) в 6-20 раз. Возможно это связано с тем, что в случае реакции (n,2n) нейтрон вносит в ядро наибольший орбитальный момент, чем реакции с γ -квантами. В случае реакции (γ,n), когда практически имеет место только дипольное ($\Delta l=1$) поглощение, вероятность возбуждения изомерного состояния невелика.

Для получения абсолютных значений сечений реакции $^{142}\text{Nd}(\gamma,n)^{141m,g}\text{Nd}$ использовали метод сравнения выходов и сечений исследуемой и мониторинговой реакции. Экспериментальная зависимость сечений реакции $^{142}\text{Nd}(\gamma,n)^{141m,g}\text{Nd}$ от граничной энергии тормозных квантов аппроксимировалась функцией Лоренца, параметры которой (положение максимума сечения E_m , значение сечения в максимуме σ_m и ширина распределения на половине его высоты Γ) определены методом наименьших квадратов по набору экспериментальных значений. Параметры аппроксимации и интегральные сечения реакции приведены в табл.7. Погрешности оценены исходя из статистики зарегистрированных отчетов.

Сечение реакции $^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141\text{m,g}}\text{Nd}$

Реакция	E_m , МэВ	Γ , МэВ	σ_m , мб	σ_{int} , МэВ·мб	Источник
$^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141\text{m,g}}\text{Nd}$	15,2±0,1	4,19±0,06	328±26	1765	Наши данные
$^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141\text{m}}\text{Nd}$	15,9±0,1	4,65±0,48	16±3	115	
$^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141\text{g}}\text{Nd}$	15,2±0,1	4,15±0,12	312±25	1650	
$^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141\text{m}}\text{Nd}$	15,4±0,1	3,51±0,24	19	-	[16]
$^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141}\text{Nd}$	14,94	4,4	359	1918	[17]

Как видно из табл. 7, положение максимума сечения E_m для $(\gamma, n)^m$ и $(\gamma, n)^g$ реакций отличается между собой. Это связано с различием порогов этих реакций. В настоящей работе при определении интегрального сечения σ_{int} реакций $^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141\text{m,g}}\text{Nd}$ предел интегрирования составлял 25 МэВ. В работе [17] предел интегрирования - 20 МэВ. Приведенные данные в табл.3 по сечению реакций позволяют получить оценку изомерного отношения сечения $r = \sigma_m / \sigma_g$ реакций, которое составляет при E_m $r = 0,051 \pm 0,01$. В данном случае изомерные отношения сечений реакций несколько отличаются от изомерных отношений выходов реакции ($d = 0,045 \pm 0,002$). Это может быть связано с несовпадением порогов реакций $(\gamma, n)^m$ и $(\gamma, n)^g$. Значения сечений в максимуме, полученные в работе [17], выше, чем наши данные. Это связано с тем, что данные [17] получены методом прямой регистрации фотонейтронов, в котором невозможно разделить нейтроны от реакции (γ, n) и (γ, np) , вследствие чего в работе [17] измерено фактически суммарное сечение $\sigma[(\gamma, n) + (\gamma, np)]$ вместо $\sigma(\gamma, n)$. Значение сечения в максимуме σ_m , полученные нами в пределах погрешности, совпадают с данными работы [16]. В работе [16] сечение реакции $(\gamma, n)^m$ для ядра ^{142}Nd измерены в области энергий 12-18 МэВ.

Полученное в данной работе интегральное сечение реакции $^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141\text{m,g}}\text{Nd}$ меньше дипольного правила сумм: $\sigma_{int} / \sigma_o = 0,85$. Одна из причин этого состоит в том, что не учтены другие реакции, дающие вклад в сечение фотопоглощения, такие как (γ, p) ; (γ, np) ; $(\gamma, 2n)$. Другая причина связана с использованием для сечения мониторинной реакции данных, полученных в экспериментах на квазимонохроматических фотонах. Как показано при редуциционной обработке выходов фотонейтронных реакций в работе [18], эти эксперименты дают значения сечений, заниженные на 10-20%. Положение максимума сечения в пределах погрешности совпадает с энергией гигантского дипольного резонанса ^{142}Nd , обычно оцениваемой по эмпирическому соотношению $E_m = 80 \cdot A^{-1/3}$, который равен 15,3.

В четвертой главе рассмотрены результаты исследований возбуждения изомерного состояния $11/2^-$ ядер с $110 \leq A \leq 144$ в реакции (γ, n) при максимальной энергии тормозного излучения $E_{\gamma\text{max}} = 30$ МэВ. Причина выбора максимальной энергии тормозного излучения 30 МэВ состоит в том, что большинство экспериментальных работ по изучению выходов фотоядерных

реакций для γ -активационного анализа проводили при такой энергии. Кроме того, при этой энергии исследования изомерных отношений выходов и сечений реакций для большинства ядер не проводились.

Заселенность изомерных m и основных g уровней дочерних ядер идентифицировали по соответствующим γ -линиям. Изомерные отношения выходов $d=Y_m/Y_g$ фотоядерных реакций определяли методом сравнения площадей под фотопиками соответствующих γ -линий.

В случае реакции (γ,n) на ядрах $^{134,136,138}\text{Ba}$ основное состояние, образующее конечное ядро, является стабильным, изомерные отношения определяли как изомерные отношения интегральных сечений реакции $r_{\text{int}} = \sigma_{\text{int}}^m / \sigma_{\text{int}}^g$, где σ_{int}^m - интегральное сечение изомерного состояния, σ_{int}^g - интегральное сечение основного состояния. Данные об интегральном сечении основного состояния были взяты из работы [17]. Интегральное сечение реакции определили через отношение выходов реакции. Выбор изотопа Ва для объекта исследования связан с тем, что свойства стабильных изотопов Ва сильно меняются с изменением числа нейтронов в ядре.

Наиболее тяжелый изотоп ^{138}Ba имеет замкнутую нейтронную оболочку ($N=82$), а наиболее легкий ^{130}Ba характеризуется значительной квадрупольной деформацией ($\beta_2=0,23$). Кроме того, в области выше гигантского дипольного резонанса изомерные отношения сечений реакций $(\gamma,n)^m$ для изотопов Ва не определены.

Выходы фотоядерных реакций $(\gamma,n)^m$ на ядрах $^{134,136,138}\text{Ba}$ при максимальной энергии тормозного излучения $E_{\gamma\text{max}} = 30$ МэВ определялись относительным методом путем сравнения площадей фотопиков γ -излучений ядер-продуктов и аннигиляционного излучения ($E_\gamma=511$ кэВ) ядра ^{62}Cu ($T_{1/2}=9,73$ мин), образующегося в реакции $^{63}\text{Cu}(\gamma,n)$.

Полученные результаты приведены в табл. 8 и 9. В табл. 8 приведены относительный выход и интегральное сечение возбуждения изомеров $h_{11/2}$ в реакции (γ,n) на изотопах Ва. Абсолютная ошибка изомерных отношений выходов определяется статистической погрешностью счетов в фотопике измеряемой γ -линии и эффективностью регистрации γ -излучения. В случае реакции (γ,n) на изотопах Ва добавляются погрешности определения выхода мониторинговой реакции.

Таблица 8

Относительный выход реакции и интегральное сечение возбуждения изомеров $h_{11/2}$ в реакции (γ,n) на изотопах Ва

ФЯР	E_{th} , МэВ	α	σ_{int} , МэВ·мб
$^{134}\text{Ba}(\gamma,n)^{133m}\text{Ba}$	9,53	$0,51 \pm 0,03$	265 ± 16
$^{136}\text{Ba}(\gamma,n)^{135m}\text{Ba}$	9,47	$0,52 \pm 0,03$	268 ± 19
$^{138}\text{Ba}(\gamma,n)^{137m}\text{Ba}$	9,17	$0,32 \pm 0,01$	167 ± 12

Как видно из табл. 9, полученные в настоящей работе результаты согласуются в пределах погрешности измерений с данными других работ.

Для фотоядерных реакций $^{110}\text{Pd}(\gamma, n)^{109\text{m.g}}\text{Pd}$, $^{116}\text{Cd}(\gamma, n)^{115\text{m.g}}\text{Cd}$, $^{134}\text{Ba}(\gamma, n)^{133\text{m.g}}\text{Ba}$, $^{136}\text{Ba}(\gamma, n)^{135\text{m.g}}\text{Ba}$, $^{138}\text{Ba}(\gamma, n)^{137\text{m.g}}\text{Ba}$ и $^{144}\text{Sm}(\gamma, n)^{143\text{m.g}}\text{Sm}$ значения изомерных отношений при $E_{\gamma\text{max}} = 30$ МэВ определены впервые.

Таблица 9

Изомерные отношения реакции (γ, n) для ядер с $116 \leq A \leq 144$

ФЯР	$E_{\gamma\text{max}}$, МэВ	d или r	Источник
$^{108}\text{Pd}(\gamma, n)^{107\text{m.g}}\text{Pd}$	25	$0,054 \pm 0,06^*$	[7]
$^{110}\text{Pd}(\gamma, n)^{109\text{m.g}}\text{Pd}$	20,5	$0,072 \pm 0,06$	[11]
	25	$0,060 \pm 0,07^*$	[7]
	30	$0,067 \pm 0,05$	Настоящая работа
$^{116}\text{Cd}(\gamma, n)^{115\text{m.g}}\text{Cd}$	22	$0,12 \pm 0,02$	[19]
	25	$0,18 \pm 0,02^*$	[7]
	30	$0,14 \pm 0,02$	Настоящая работа
$^{118}\text{Sn}(\gamma, n)^{117\text{m.g}}\text{Sn}$	25	$0,11 \pm 0,02$	[6]
$^{130}\text{Te}(\gamma, n)^{129\text{m.g}}\text{Te}$	20	$0,45 \pm 0,06$	[6]
	25	$0,45 \pm 0,05^*$	[7]
	30	$0,47 \pm 0,03$	Настоящая работа
$^{136}\text{Xe}(\gamma, n)^{135\text{m.g}}\text{Xe}$	22	$0,10 \pm 0,02$	[19]
$^{134}\text{Ba}(\gamma, n)^{133\text{m.g}}\text{Ba}$	25	$0,17 \pm 0,01^*$	[7]
	30	$0,17 \pm 0,01^*$	Настоящая работа
$^{136}\text{Ba}(\gamma, n)^{135\text{m.g}}\text{Ba}$	25	$0,15 \pm 0,01^*$	[7]
	30	$0,17 \pm 0,01^*$	Настоящая работа
$^{138}\text{Ba}(\gamma, n)^{137\text{m.g}}\text{Ba}$	25	$0,12 \pm 0,01^*$	[7]
	30	$0,11 \pm 0,01^*$	Настоящая работа
$^{138}\text{Ce}(\gamma, n)^{137\text{m.g}}\text{Ce}$	30	$0,12 \pm 0,02$	Настоящая работа
$^{140}\text{Ce}(\gamma, n)^{139\text{m.g}}\text{Ce}$	23,8	$0,182 \pm 0,018$	[19]
	30	$0,201 \pm 0,015$	Настоящая работа
	31	$0,193 \pm 0,014$	[19]
$^{142}\text{Nd}(\gamma, n)^{141\text{m.g}}\text{Nd}$	18	$0,045 \pm 0,003$	[12]
	25	$0,061 \pm 0,010^*$	[7]
	30	$0,046 \pm 0,002$	Настоящая работа
$^{144}\text{Sm}(\gamma, n)^{143\text{m.g}}\text{Sm}$	20,5	$0,044 \pm 0,003$	[11]
	25	$0,047 \pm 0,004^*$	[7]
	30	$0,044 \pm 0,002$	Настоящая работа

* Приведено значение $r_{\text{int}} = \sigma_{\text{int}}^m / \sigma_{\text{int}}^g$

Все ядра, возбуждающиеся в фотоядерных реакциях $^{138}\text{Ba}(\gamma, n)^{137\text{m.g}}\text{Ba}$, $^{140}\text{Ce}(\gamma, n)^{139\text{m.g}}\text{Ce}$, $^{142}\text{Nd}(\gamma, n)^{141\text{m.g}}\text{Nd}$ и $^{144}\text{Sm}(\gamma, n)^{143\text{m.g}}\text{Sm}$, имеют одинаковые спины и четности в изомерном и основном состоянии. Кроме того, эти ядра имеют одинаковые числа нейтронов, т.е. $N=82$. На рис. 3 показана зависимость изомерного отношения от числа протонов Z . Видно, что зависимость имеет

пикообразную форму, максимум которой находится при $Z=58$. Для ^{138}Ba приведено значение $r_{\text{int}} = \sigma_{\text{int}}^m / \sigma_{\text{int}}^g$.

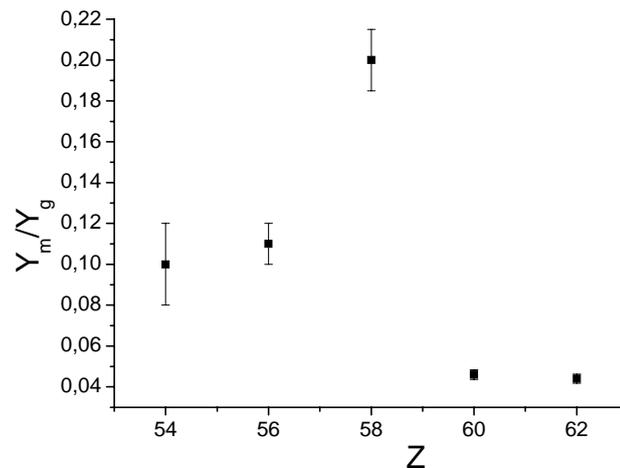


Рис. 3. Зависимость изомерных отношений в фотоядерной реакции $(\gamma, n)^m$ для ядер с $N=81$ от числа протонов в ядре

На рис.4 приведена зависимость изомерного отношения выходов реакции $(\gamma, n)^m$ для ядер оболочки $N=81$ от массового числа ядер A , полученных в области энергий $E_{\gamma\text{max}} = 20\text{-}30$ МэВ.

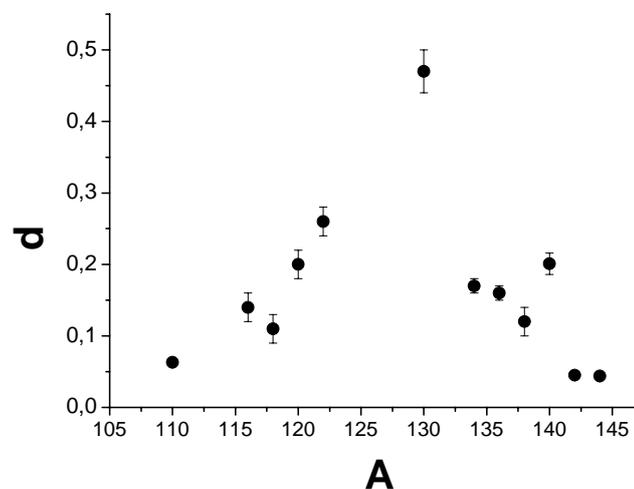


Рис.4. Зависимость изомерных отношений в фотоядерной реакции $(\gamma, n)^m$ для ядер с $110 \leq A \leq 144$

Как видно из этого рисунка, для ядер ^{136}Xe , ^{138}Ba и ^{140}Ce значение $d = 0,1$; для ^{142}Nd и ^{144}Sm равно $d = 0,05$. Одним из возможных механизмов, приводящих к значительному различию в изомерных отношениях для исследуемых ядер, является различный вклад статистических и прямых процессов в области максимума гигантского резонанса и выше. Кроме того, следует обратить внимание и на возможную зависимость изомерных отношений от заселения протонных подоболочек. В ядрах ^{136}Xe , ^{138}Ba и ^{140}Ce протоны находятся в $g_{7/2}$ -подоболочке, а в ^{142}Nd и ^{144}Sm - в $d_{5/2}$ -подоболочке. Таким образом,

полученные данные об изомерных отношениях и сечениях $(\gamma, n)^m$ -реакций, по-видимому, указывают на сложность механизма заселения изомерных состояний ядер $1h_{11/2}$ и на значительный вклад в изомерные отношения нестатистических процессов.

Экспериментальные результаты, полученные в настоящей работе, могут быть использованы для оценки аналитических возможностей гамма-активационного анализа, при планировании экспериментов по изучению изомерных отношений в фотоядерных реакциях и при изучении механизма реакций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Впервые экспериментально измерены сечения образования изомерных состояний фотонейтронной реакции типа (γ, n) на ядре ^{142}Nd в области энергий 18-25 МэВ и исследованы возбуждения изомерных состояний в реакции типа $(n, 2n)$ на ядрах теллура-120, 122, 124, 128, 130 при $E_n = 14$ МэВ.

2. Впервые выполнены экспериментальные исследования энергетической зависимости изомерных отношений выходов фотоядерных реакций $^{110}\text{Pd}(\gamma, n)^{109m,g}\text{Pd}$, $^{122}\text{Te}(\gamma, n)^{121m,g}\text{Te}$, $^{130}\text{Te}(\gamma, n)^{129m,g}\text{Te}$, $^{142}\text{Nd}(\gamma, n)^{141m,g}\text{Nd}$, $^{144}\text{Sm}(\gamma, n)^{143m,g}\text{Sm}$, в области энергий 19-35 МэВ.

3. Обнаружено, что значения изомерных отношений выходов $d(E_{\gamma\text{max}})$ реакции (γ, n) на ядрах ^{110}Pd , ^{142}Nd и ^{144}Sm растет от порога реакции до ~ 17 МэВ и при энергиях выше 17 МэВ наблюдается насыщение зависимости $d(E_{\gamma\text{max}})$.

4. Проведены исследования возбуждения изомерного состояния $11/2^-$ ядер с $110 \leq A \leq 144$ в реакции (γ, n) при максимальной энергии тормозного излучения $E_{\gamma\text{max}} = 30$ МэВ и впервые получены экспериментальные данные об изомерных отношениях и интегральных сечениях фотоядерных реакций $^{110}\text{Pd}(\gamma, n)^{109m,g}\text{Pd}$, $^{116}\text{Cd}(\gamma, n)^{115m,g}\text{Cd}$, $^{134}\text{Ba}(\gamma, n)^{133m,g}\text{Ba}$, $^{136}\text{Ba}(\gamma, n)^{135m,g}\text{Ba}$, $^{138}\text{Ba}(\gamma, n)^{137m,g}\text{Ba}$, $^{138}\text{Ce}(\gamma, n)^{137m,g}\text{Ce}$, $^{140}\text{Ce}(\gamma, n)^{139m,g}\text{Ce}$ и $^{144}\text{Sm}(\gamma, n)^{143m,g}\text{Sm}$ при максимальной энергии тормозного излучения $E_{\gamma\text{max}} = 30$ МэВ.

5. Установлено, что вероятность образования изомерного состояния $11/2^-$ на исследуемых ядрах в реакции $(n, 2n)$ больше, чем в реакциях (γ, n) в 6-20 раз. Экспериментально измеренные значения изомерных отношений выходов и сечений реакций типа (γ, n) и $(n, 2n)$ в значительной мере дополняют банк ядерных данных в этой области и могут быть использованы при теоретическом изучении механизма этих реакций и применении при планировании аналитических исследований методами гамма- и нейтронно-активационного анализа.

ЦИТИРУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бычков В.М., Манохин В.Н., Пашенко А.Б., Пляскин В.И. Сечения пороговых реакций, вызываемых нейтронами: Справочник. – М.: Энергоиздат, 1982. – 216 с.

2. Filatenkov A.A., Chuvaev S.V., Aksenov V.N., Yakovlev V.A. Khlopin Systematic Measurement of Activation Cross Sections At Neutron Energies from 13.4 to 14.9 MeV // Reports.- Leningrad: Radiev. Inst., 1999.-Reports No.252.
3. Zhou F., Tuo F., Yi Y., Kong X. Cross-section measurements for (n,2n) and (n,p) reactions on tellurium isotopes in the neutron energy range of 13.5-14.6 MeV // Radiochimica Acta.- Germany, 2007.- Vol.95.- P.553-557.
4. Schnabel C., Leya I., Michel R., Csikai J., Dezso Z., Lopez-Gutierrez J.M. Non-Destructive and Radiochemical Determination Of the Neutron-Induced Production Cross-Section of I-129 from Te and Other Neutron-Induced Cross-Sections On Te at 14.7 MeV // Radiochimica Acta. - Germany, 2000.- Vol.88. - P.439-443.
5. Vanska R., Rieppo R. The experimental isomeric cross-section in the nuclear activation technique // Nuclear Instruments&Methods. – Amsterdam, 1981.- V. 179.- P. 525-532.
6. Аракелян А.А., Данагулян А.С., Демехина Н.А. // 41-е совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра: Тез. докл. - Л.:Наука, 1991.- С. 292.
7. Белов А.Б., Гангрский Ю.П., Тончев А.П., Балабапов Н.П. Возбуждение изомерных состояний $1h_{11/2}$ в реакциях (γ, n) // Ядерная физика.- Москва, 1996.- Т.59, № 4.- С. 585 - 591.
8. Bartsch H., Huber K., Kneissl U., Krieger H. Critical consideration of the statistical model analysis of photonuclear isomeric cross section ratios // Nuclear Physics.- Netherlands: Elsevier, 1976.- A256.- P. 243-252.
9. Haustein P.E., Voigt A.F. Isomeric yield ratios of the reaction $^{142}\text{Nd}(\gamma, n)^{141m,g}\text{Nd}$ // Inorg. Nucl. Chem. - Netherlands: Elsevier, 1971. - V. 33.-P. 289-294.
10. Qaim S.M. Total (n, 2n) Cross Sections and Isomeric Cross-Section Ratios at 14.7 MeV in the Region of Rare Earths // Nuclear Physics.- Netherlands: Elsevier, 1974.- A224.- P. 319-330.
11. Hoang Dac Luc, Tran Duc Thiep, Truong Thi An, Phan An. Isomeric Yield Ratios in the Productions of $\text{Sm}^{143m,g}$, $\text{Nd}^{141m,g}$, $\text{Zr}^{89m,g}$ and $\text{Pd}^{109m,g}$ by 14 MeV Neutrons and 15-20.5 MeV Bremsstrahlung // Bulg. Journ. of Phys.- Sofia, 1987.- Т. 14, №2. - С. 152-156.
12. Желтоножеский В.А., Мазур В.М., Биган З.М., Сычев С.И. Изомерные отношения выходов реакции $^{142}\text{Nd}(\gamma, n)^{141m,g}\text{Nd}$ // 41-е совещание по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра: Тез. докл. - Л.: Наука, 1991.- С. 293.
13. Sothra S.L. A study of the systematics for (n,2n) reaction: Ph. D. Thesis.- Southern Methodist university, Dallas, Texas, 1977.
14. Wen-deh Lu, N. Rana Kumar, Fink R. W. Activation Cross Sections for (n, 2n) Reactions at 14.4 MeV in the Region Z=40-60: Precision Measurements and Systematics. - Phys. Rev. - Ridge/New-York, 1970.- С 1.- P.350 – 357.
15. Dewanjee M.K., I. L. Preiss. // Inorg. Nucl. Chem. - Netherlands: Elsevier, 1972. - V. 34. № 4.- P. 1105.

16. Мазур В.М., Желтоножский В.А., Биган З.М. Исследование возбуждения изомерных состояний в реакции (γ, n) для ядер оболочки $N=82$. // Ядерная физика.- Москва, 1995.- Т.58, № 6.- С. 970 - 974.

17. Deitrich S.S., Berman V.L. Atlas of photonutron cross sections obtained with monoenergetic photons. - Atom. Data and Nucl. Data Tabl.- Netherlands: Elsevier, 1988.- V.38, N 2.- P. 267-269.

18. Варламов В.В., Ишханов Б.С. Гигантский дипольный резонанс в фотоядерных экспериментах различного типа: расхождения, причины, способы устранения, следствия // Физика элементарных частиц и атомного ядра.- Москва, 2004. - Т. 35, вып. 4.- С. 859 - 894.

19. Давыдов М.Г., Магера В.Г., Трухов А.В. Изомерные отношения выходов (сечений) фотоядерных реакций для гамма-активационного анализа // Атомная энергия.- Москва, 1987.- Т.62, вып.4.- С. 236-243.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Палванов С.Р., Мамаюсупова М.И. Изомерные отношения выходов реакции $^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141\text{m.g}}\text{Nd}$ // Атомная энергия.- Москва, 2007.- Т.87, вып.3.- С. 269-270.

Palvanov S.R., Mamajusopova M.I. Isomeric yield ratios of the reaction $^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141\text{m.g}}\text{Nd}$ // Atomic Energy. - Springer, New York, 2007.- Vol. 103, No. 4.- P. 827–829.

2. Палванов С.Р., Мамаюсупова М.И. Возбуждение изомерного состояния $11/2^-$ ядер с $116 \leq A \leq 144$ в реакции (γ, n) // Узбекский физический журнал.- Ташкент, 2008.- №3.- С.163-167.

3. Палванов С.Р., Мамаюсупова М.И. Сечение реакции $^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141\text{m.g}}\text{Nd}$ // Вестники НУУз.- Ташкент: НУУз, 2009.- №2.- С. 107-109.

4. Палванов С.Р., Рахмонов Ж., Каюмов М., Мамаюсупова М.И., Жураев О. Возбуждение изомерных состояний реакций (γ, n) и $(n, 2n)$ на ядрах ^{110}Pd , ^{142}Nd и ^{144}Sm // Узбекский физический журнал. - Ташкент, 2009. - №5.- С. 317-322.

5. Палванов С.Р., Рахмонов Ж., Каюмов М., Мамаюсупова М.И., Жураев О. Изомерные отношения выходов реакций типа $(n, 2n)$ и (γ, n) на ядрах ^{110}Pd , ^{142}Nd и ^{144}Sm // Известия РАН. Серия физическая. – Москва, 2011.- Т.75, №2.- С.244-248.

Palvanov S.R., Rakhmanov Zh., Kayumov M., Mamajusopova M.I., Zhuraev O. Isomeric Yield Ratios of the (γ, n) and $(n, 2n)$ Reactions on Nuclei of ^{110}Pd , ^{142}Nd , and ^{144}Sm // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics.- Springer, New York, 2011.- Vol. 75, No. 2.- P. 222–225.

6. Мамаюсупова М.И., Палванова Г.С. Изомерные отношения выходов реакции $^{142}\text{Nd}(\gamma, n) ^{141\text{m.g}}\text{Nd}$ // Роль женщин-ученых в развитии научно-технического прогресса: Сб. докладов Респ. науч.- практ. конф. – Ташкент: НУУз, 2006. – С.278-280.

7. Палванов С.Р., Мамаюсупова М.И. Изомерные отношения выходов реакции $^{138}\text{Ce}(\gamma, n) ^{137\text{m.g}}\text{Ce}$ и $^{140}\text{Ce}(\gamma, n) ^{139\text{m.g}}\text{Ce}$ // Замоновский физиканинг

фундаментал ва амалий муаммолари: Республика илмий-амалий конференция материаллари. – Тошкент: ЎзМУ, 2007. – Б.108-110.

8. Палванов С.Р., Мамаюсупова М.И. Изомерные отношения выходов реакции (γ, n) на ядрах $^{138,140}\text{Ce}$ // Фундаментальные и прикладные проблемы современной физики: Материалы научно-практической конференции. – Ташкент, 2008. – С.137-140.

9. Мамаюсупова М.И., Палванова Г.С. Возбуждение изомерного состояния $11/2^-$ ядра ^{142}Nd в фотоядерной реакции (γ, n) // Роль женщин-ученых в развитии научно-технического прогресса: Сб. докладов Респ. науч.- практ. конф. – Ташкент: НУУз, 2008. - С.97-98.

10. Palvanov S.R., Rakhmanov J., Kajumov M., Mamajusopova M.I., Juraev O. Isomeric Yield Ratios of the Reactions $^{144}\text{Sm}(\gamma, n)^{143m,g}\text{Sm}$ AND $^{144}\text{Sm}(n, 2n)^{143m,g}\text{Sm}$ // 5th Intern. Conf. on nuclear science and its application October 5-8, 2008: Book of abst.- Ankara, Turkey, 2008.- P. 130.

11. Палванов С., Рахмонов Ж., Каюмов М., Мамаюсупова М., Жураев О. Возбуждение изомерного состояния $^{143m,g}\text{Sm}$ в реакций (γ, n) и $(n, 2n)$ на ядре ^{144}Sm // Современная физика и ее перспективы: Материалы Республиканской конференции. – Ташкент: НУУз, 2009. – С. 121-124.

12. Palvanov S., Rahmanov J., Kajumov M., Mamajusopva M. Isomeric Yield Ratios of the (γ, n) and $(n, 2n)$ Reactions (γ, n) and $(n, 2n)$ on $^{120,130}\text{Te}$ // Modern problems of nuclear physics: Book of abs. the 7th Int.Conf. 22-25 September, 2009.- Tashkent: Institute of nuclear physics, 2009.- P.61-62.

13. Палванов С.Р., Мамаюсупова М.И., Бозорва Д. Изомерные отношения выходов и сечений реакций $^{120}\text{Te}(\gamma, n)^{119m,g}\text{Te}$ и $^{130}\text{Te}(\gamma, n)^{129m,g}\text{Te}$ в области энергий 20-35 МэВ//Фундаментальные и прикладные вопросы физики: Материалы международной конференции, посвященной 80-летию академика М.С. Саидова. – Ташкент: ФТИ АН РУз, 2010.- С. 40-41

Физика-математика фанлари номзоди илмий даражасига
талабгор **Мамаюсупова Мукаддас Исмоиловнанинг**

01.04.16 – атом ядроси ва элементар зарралар физикаси ихтисослиги бўйича
“ $110 \leq A \leq 144$ ядроларда (γ, n) ва $(n, 2n)$ турдаги реакциялар изомер чиқишлар
ва кесимлар нисбатини тадқиқ қилиш”
мавзусидаги диссертациясининг

РЕЗЮМЕСИ

Таянч сўзлар: Атом ядросининг изомер ҳолатлари, индукцияланган активлик усули, фотоядро реакцияси, изомер нисбатлар усули, γ -спектрометрия, сатҳлар схемаси, ядро тузилиши, статистик механизм, тормозли нурланишлар.

Тадқиқот объектлари: Масса сони $110 \leq A \leq 144$ диапазонда жойлашган атом ядроларининг изомер ҳолатлари.

Ишнинг мақсади: Энергиянинг 10-35 МэВ оралигида $110 \leq A \leq 144$ ядроларда фотоядровий ва нейтрон реакциялар натижасида изомер ҳолатлар уйғонишининг нисбий эҳтимоллиги бўйича янги экспериментал маълумотлар олиш.

Тадқиқот усуллари: индукцияланган активлик усули, мониторлар усули.

Олинган натижалар ва уларнинг янгилиги: Индукцияланган активлик усули билан ^{110}Pd , $^{120,122,124,128,130}\text{Te}$, ^{142}Nd ва ^{144}Sm ядроларда (γ, n) ва $(n, 2n)$ реакциялар изомер чиқишлар ва кесимлар нисбати ўлчанган. Энергиянинг 14–35 МэВ интервалида 1 МэВ қадам билан $^{110}\text{Pd}(\gamma, n)^{109m,g}\text{Pd}$, $^{142}\text{Nd}(\gamma, n)^{141m,g}\text{Nd}$ ва $^{144}\text{Sm}(\gamma, n)^{143m,g}\text{Sm}$ фотоядровий реакциялар изомер чиқишлар нисбатининг энергетик боғланиши тадқиқ қилинган. Уйғониш энергиясининг гигант дипол резонансидан юқори қийматларида, яъни 21–35 МэВ оралигида $^{142}\text{Nd}(\gamma, n)^{141m,g}\text{Nd}$, $^{144}\text{Sm}(\gamma, n)^{143m,g}\text{Sm}$ ва $^{110}\text{Pd}(\gamma, n)^{109m,g}\text{Pd}$ реакциялар изомер чиқишлар нисбати биринчи марта аниқланган. Ўлчаш натижалари шуни кўрсатдики, изомер чиқишлар нисбати Y_m/Y_g остона энергиясидан гигант диполь резонанси максимумига мос келадиган E_m энергиягача ошади. Бу энергиядан катта қийматларда эса $d(E_{\gamma max}) = Y_m/Y_g$ функция қиймати тўйинишга чиқади. Биринчи марта тормозли нурлар энергиясининг 30 МэВ қийматида $^{116}\text{Cd}(\gamma, n)^{115m,g}\text{Cd}$, $^{134}\text{Ba}(\gamma, n)^{133m,g}\text{Ba}$, $^{136}\text{Ba}(\gamma, n)^{135m,g}\text{Ba}$, $^{138}\text{Ba}(\gamma, n)^{137m,g}\text{Ba}$ ва $^{138}\text{Ce}(\gamma, n)^{137m,g}\text{Ce}$ реакциялар изомер чиқишлар ва интеграл кесимлар нисбатлар бўйича экспериментал маълумотлар олинган.

Амалий аҳамияти: олинган натижалар ядро реакциялар механизмини ўрганишда, гамма-активациявий таҳлил усулининг аналитик имкониятларини ўрганишда ва янги маълум бир таҳлил методикаларни яратишда ва тажрибаларни режалаштиришда қўлланилиши мумкин.

Тадбиқ этиш даражаси ва иқтисодий самарадорлиги: Тадқиқот натижалари турли объектларни кўп элементли гамма- ва нейтрон-активациявий таҳлил усулларни яратишда қўлланилиши мумкин.

Қўлланилиш соҳаси: ядро физикаси, амалий ядро физикаси, гамма-активациявий таҳлил.

РЕЗЮМЕ

диссертации **Мамаюсуповой Мукаддас Исмаиловны** на тему:
«Исследование изомерных отношений выходов и сечений реакций
типа (γ, n) и $(n, 2n)$ на ядрах с $110 \leq A \leq 144$ »

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Ключевые слова: изомерные состояния атомных ядер, метод наведенной активности, фотоядерные реакции, метод изомерных отношений, γ -спектрометрия, схема уровней, структура ядер, статистический механизм, тормозное излучение.

Объекты исследования: Изомерные состояния атомных ядер с $110 \leq A \leq 144$.

Цель работы: получение новых экспериментальных данных об относительной вероятности возбуждения изомерных состояний конечного ядра в фотоядерных и нейтронных реакциях на ядре с $110 \leq A \leq 144$ в области энергий 10-35 МэВ.

Методы исследования: метод наведенной активности, метод мониторов.

Полученные результаты и их новизна: Методом наведенной активности измерены изомерные отношения выходов и сечений (γ, n) и $(n, 2n)$ реакций на ядрах ^{110}Pd , $^{120,122,124,128,130}\text{Te}$, ^{142}Nd и ^{144}Sm . Исследована энергетическая зависимость изомерных отношений выходов фотоядерных реакций $^{110}\text{Pd}(\gamma, n)^{109\text{m,g}}\text{Pd}$, $^{142}\text{Nd}(\gamma, n)^{141\text{m,g}}\text{Nd}$ и $^{144}\text{Sm}(\gamma, n)^{143\text{m,g}}\text{Sm}$ в интервале энергий 14–35 МэВ с шагом 1 МэВ. В области энергий возбуждения выше гигантского дипольного резонанса, т.е. в области 21–35 МэВ, энергетическая зависимость изомерных отношений выходов реакций $^{142}\text{Nd}(\gamma, n)^{141\text{m,g}}\text{Nd}$, $^{144}\text{Sm}(\gamma, n)^{143\text{m,g}}\text{Sm}$, $^{110}\text{Pd}(\gamma, n)^{109\text{m,g}}\text{Pd}$ определена впервые. Результаты измерений показали, что значение изомерных отношений выходов Y_m/Y_g растет от порога реакции до энергии, соответствующей положению максимума E_m гигантского дипольного резонанса. При энергии выше E_m функция $d(E_{\gamma\text{max}}) = Y_m/Y_g$ имеет вид кривой насыщения. Впервые получены экспериментальные данные об изомерных отношениях выходов и интегральных сечений фотоядерных реакций $^{116}\text{Cd}(\gamma, n)^{115\text{m,g}}\text{Cd}$, $^{134}\text{Ba}(\gamma, n)^{133\text{m,g}}\text{Ba}$, $^{136}\text{Ba}(\gamma, n)^{135\text{m,g}}\text{Ba}$, $^{138}\text{Ba}(\gamma, n)^{137\text{m,g}}\text{Ba}$ и $^{138}\text{Ce}(\gamma, n)^{137\text{m,g}}\text{Ce}$ при максимальной энергии тормозного излучения $E_{\gamma\text{max}} = 30$ МэВ.

Практическая значимость: Полученные результаты могут быть использованы при изучении механизмов ядерных реакций, а также для оценки принципиальных возможностей гамма-активационного анализа и при разработке новых конкретных методик анализа и планирования экспериментов.

Степень внедрения и экономическая эффективность: Результаты исследований могут быть использованы при разработке методики многоэлементного гамма- и нейтронно-активационного анализа различных объектов.

Области применения результатов: ядерная физика, прикладная ядерная физика, гамма-активационный анализ.

RESUME

Thesis of **Mamayusupova Mukaddas Ismailovna** on the scientific degree competition of the doctor of philosophy in Physics and Mathematics sciences on specialty 01.04.16 – physics of atom nuclei and elementary particle subject: “The investigation of the isomeric yield ratios and cross section ratios of the (γ,n) and $(n,2n)$ reactions on nuclei with $110 \leq A \leq 144$ ”

Key words: isomeric states of atomic nuclei, activation method, photonuclear reaction, method of isomeric ratios, γ -spectrometry, scheme of levels, structure of nuclear, statistical mechanism, bremsstrahlung.

Subjects of research: isomeric states of atomic nuclei with $110 \leq A \leq 144$

Purpose of the work: To receive new experimental data about relative probability of excitation of isomeric states of nuclei with $110 \leq A \leq 144$ in photonuclear and neutron reactions in the 10-35 MeV energy range.

Methods of research: The induced radioactivity method, method of monitors.

The results obtained and their novelty: The isomeric yield ratios and cross sections ratios of the (γ,n) and $(n,2n)$ reactions on nuclei of ^{110}Pd , $^{120,122,124,128,130}\text{Te}$, ^{142}Nd , and ^{144}Sm are measured by the induced radioactivity method. The energy dependence of the isomeric yield ratios of the photonuclear reactions $^{110}\text{Pd}(\gamma,n)^{109\text{m,g}}\text{Pd}$, $^{142}\text{Nd}(\gamma,n)^{141\text{m,g}}\text{Nd}$, and $^{144}\text{Sm}(\gamma,n)^{143\text{m,g}}\text{Sm}$ is investigated in the energy range 14–35 MeV with energy step of 1 MeV. The energy dependence of isomeric yield ratios of the $^{110}\text{Pd}(\gamma,n)^{109\text{m,g}}\text{Pd}$, $^{142}\text{Nd}(\gamma,n)^{141\text{m,g}}\text{Nd}$, and $^{144}\text{Sm}(\gamma,n)^{143\text{m,g}}\text{Sm}$, was determined for the first time in the range of excitation energies higher than giant dipole resonance (i.e., in the 21–35 MeV range). The measurement results showed that values of the isomeric yield ratio Y_m/Y_g rose from the reaction's threshold to the energy corresponding to the position of the maximum of the giant dipole resonance, E_m . The function $d(E_{\gamma\text{max}}) = Y_m/Y_g$ for energies higher than E_m has the form of saturation curve. The experimental values of the isomeric integral cross sections ratios photonuclear reactions $^{116}\text{Cd}(\gamma,n)^{115\text{m,g}}\text{Cd}$, $^{134}\text{Ba}(\gamma,n)^{133\text{m,g}}\text{Ba}$, $^{136}\text{Ba}(\gamma,n)^{135\text{m,g}}\text{Ba}$, $^{138}\text{Ba}(\gamma,n)^{137\text{m,g}}\text{Ba}$ and $^{138}\text{Ce}(\gamma,n)^{137\text{m,g}}\text{Ce}$ have been measured for the first time at maximum bremsstrahlung 30 MeV.

Practical value: The received results can be used at studying the mechanism nuclear reactions and also for an estimation of basic possibilities of the gamma activation analysis and by working out of new concrete techniques of the analysis and planning of experiments.

Degree of embed and economic effectively: Results of researches can be use at working out of a technique multielement scale and neutron activation the analysis of various objects.

Field of application: nuclear physics, applied nuclear physics, gamma-activation analysis.

Соискатель:

Мамаюсупова М.И.