

## Получение ядер, удаленных от полосы $\beta$ -стабильности, в реакциях $(\gamma, Xn)$ на микротроне RTM-70

*Асанов Ж.А., Бельшев С.С., Ермаков А.Н., Куав Куав Нтун, Кузнецов А.А.,  
Макаренко И.В., Салахутдинов Д.Р., Ханкин В.В., Четверткова В.А.*

*аспирант*

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

*E-mail: irina@depni.sinp.msu.ru*

В настоящее время многочастичные фотоядерные реакции являются практически не исследованной областью. В НИИЯФ им. Д.В. Скобельцына МГУ им. М.В. Ломоносова отработана уникальная методика проведения экспериментов, позволяющая исследовать каналы фотоядерных реакций с вылетом из ядра нескольких нейтронов и образованием ядер, удаленных от полосы  $\beta$ -стабильности.

Эксперименты проводятся на тормозном пучке импульсного разрезного микротрона RTM-70, созданного в НИИЯФ МГУ. Максимальная энергия тормозных фотонов в экспериментах составляет 50-70 МэВ. Использование пучков фотонов высоких энергий позволяет наблюдать и анализировать многочастичные каналы распада атомных ядер с вылетом из ядра от одного до десяти нуклонов, что открывает широкие возможности получения нейтронодефицитных ядер, удаленных от полосы  $\beta$ -стабильности.

$\gamma$ -Спектры остаточной активности облученных образцов измеряются с помощью HPGe детектора эффективностью 30 %, изготовленного из сверхчистого германия. Идентификация радиоактивных изотопов, образующихся в результате фотоядерных реакций, проводится по энергиям и интенсивностям  $\gamma$ -пиков в спектрах, а также их периодам полураспада. Анализ  $\gamma$ -спектров остаточной активности облученных образцов позволяет идентифицировать радиоактивные изотопы с большой надежностью, поскольку энергия  $\beta$ -распада этих изотопов достаточно велика (до нескольких МэВ). Это приводит к тому, что распадам этих изотопов соответствует большое количество  $\gamma$ -переходов в дочерних ядрах (до 20-30  $\gamma$ -переходов). В настоящее время известны данные по  $\beta$ -распадам практически о всех изотопах, которые могут образоваться в результате  $\gamma$ -активации [3, 4]. Эти факторы позволяют надежно определять присутствие всех радиоактивных изотопов в исследуемом образце.

Для определения периодов полураспада  $t_{1/2}$  и идентификации образующихся радиоактивных изотопов проводятся серии измерений  $\gamma$ -спектров остаточной активности облученного образца. Измеряются  $t_{1/2}$  в интервале от часов до десятков дней.

Отработана методика проведения экспериментов в непрерывном режиме. Создан и поддерживается в автоматическом режиме банк данных экспериментальных  $\gamma$ -спектров. Создана система накопления и анализа экспериментальных данных в режиме реального времени.

Впервые выполнены эксперименты по наблюдению фотоядерных реакций на изотопах  $^{181}\text{Ta}$ ,  $^{197}\text{Au}$ ,  $^{209}\text{Bi}$  с вылетом из ядра до 6-7 нейтронов, впервые экспериментально измерены выходы фотоядерных реакций на нескольких изотопах. Экспериментальные данные позволяют оценить интегральные сечения фотоядерных реакций. Проводится сравнение полученных данных с теоретическими оценками, основанными на модели испарений.

Результаты настоящей работы представляют интерес для дальнейших фундаментальных исследований механизма многочастичных фотоядерных реакций, изучения ядер, удаленных от полосы  $\beta$ -стабильности.

Фоторасщепление атомных ядер фотонами высоких энергий также является одним из наиболее эффективным способом возбуждения изомерных состояний атомных ядер. В настоящее время изучение метастабильных ядерных состояний представляет интерес как для фундаментальных исследований, так и для решения прикладных задач, в частности, создания  $\gamma$ -лазера. Проведены эксперименты по возбуждению изомерных

состояний в ядрах  $^{85, 86, 87}\text{Y}$ ,  $^{92}\text{Nb}$ ,  $^{104}\text{Ag}$ ,  $^{111}\text{Cd}$ . Экспериментальные данные позволяют рассчитать изомерные отношения выходов фотоядерных реакций.

Полученные результаты также могут быть использованы для решения прикладных задач, таких как  $\gamma$ -активационный анализ, определение изотопного состава веществ, создание препаратов радиотерапии в медицине и др.

В НИИЯФ МГУ разработан принципиально новый метод многоканального  $\gamma$ -активационного анализа атомных ядер. Данный метод основан на использовании тормозного излучения с максимальной энергией тормозных фотонов 50-70 МэВ и анализе многочастичных фотоядерных реакций. Использование пучков фотонов высоких энергий позволяет наблюдать и анализировать многочастичные каналы распада атомных ядер с вылетом из ядра от одного до десяти нуклонов, что практически на порядок повышает точность результатов  $\gamma$ -активационного анализа.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ НШ-5365.2006.2.