

УДК 539.173.3

О.С. Шевченко¹, Ю.Н. Ранюк¹, А.Н. Довбня¹,
В.Т. Маслюк², О.А. Парлаг², И.Г. Гончаров¹

¹Национальный научный центр "Харьковский физико-технический институт" НАН Украины
61108, Харьков, ул. Академическая, 1

e-mail: oksshevchenko@mail.ru

²Институт электронной физики НАН Украины
88017, Ужгород, ул. Университетская, 21

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОЖИВУЩИХ ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ ¹⁸¹Ta

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований долгоживущих радиоактивных продуктов деления атома ¹⁸¹Ta.

Ключевые слова: деление ядер, гамма-спектроскопия, ¹⁸¹Ta.

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется решению проблем ядерной энергетики: трансмутации долгоживущих радиоактивных отходов и созданию безопасных энергетических ядерных установок [1, 2].

В Национальном научном центре "Харьковский физико-технический институт" реализуется программа создания ядерной установки "Источник нейтронов, основанный на подкритической сборке, управляемой ускорителем электронов" [3]. В качестве нейтронно-производящих мишеней рассматриваются различные материалы. Представляют интерес также и компоненты конструкционных материалов, такие как свинец, тантал, висмут, вольфрам и др.

Известно, что при облучении материала происходят различные ядерные процессы: возбуждение ядра, эмиссия элементарных частиц, но особый интерес представляет исследование их реакции деления.

Сложность деления атомных ядер обусловлена кардинальным перераспределением заряда и массы, образованием сильнодеформированных и сильновозбужденных осколков, приводящих к тому, что до сих пор не достигнуто детальное описание динамики и механизма этого процесса [4].

Целью настоящей работы является теоретическое и экспериментальное исследование

долгоживущих радиоактивных продуктов, образующихся в танталовой мишени в результате реакции деления. Выбор тантала для исследования обусловлен тем, что распространенность, например, изотопа ¹⁸¹Ta в природных образцах доходит до 99,988%, а также то, что он используется при изготовлении окошек узла вывода пучков ускоренных частиц.

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках разработанного метода [5] в отделе фотоядерных процессов Института электронной физики НАН Украины (г. Ужгород) получены спектры массово-зарядовых распределений осколков деления (МЗРОД) средне-тяжелых ядер ¹⁸¹Ta в разных модельных приближениях. На рис. 1 приведены результаты такого расчета, полученные при учете вкладов от кумулятивной цепочки емкостью до 5 распадов. Обращает внимание симметричный характер МЗРОД, который не меняется как при низких ($T=0.5$ МэВ), так и при высоких ($T=0.85$ МэВ) энергиях возбуждения исходного ¹⁸¹Ta. Расчет показывает, что это обусловлено влиянием конфигурационной энтропии при формировании 2-х осколочного кластера, которая максимальная при равном числе протонов (нейтронов) в осколках деления. Как видно, это соответствует $33 < Z < 40$, т.е. изотопам рядов As, Se, Br, Kr, Rb, Sr, Y

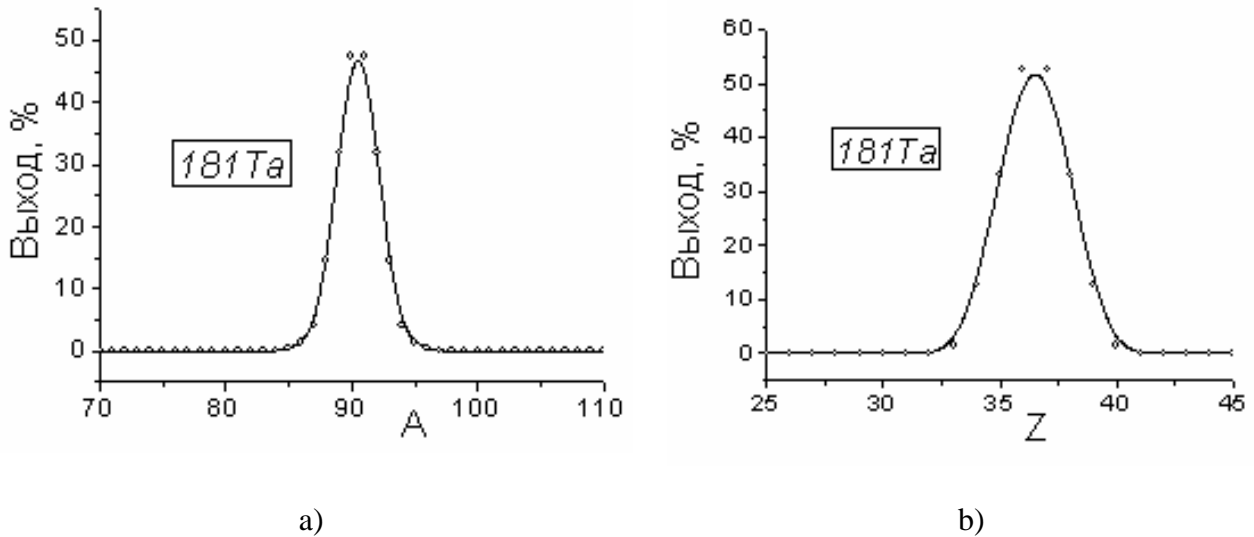


Рис. 1. Массовые а) и зарядовые б) распределения осколков деления, полученные для энергий возбуждения ^{181}Ta , соответствующей температуре ядра $T=0.85$ МэВ.

и Zr. Необходимо также учитывать и наличие продуктов распада при реакциях типа (γ, n) , (γ, p) и более сложных комбинациях. При анализе цепочек β -распада продуктов деления ^{181}Ta выявлены долгоживущие изотопы с периодом полураспада от года и более, рис. 2.

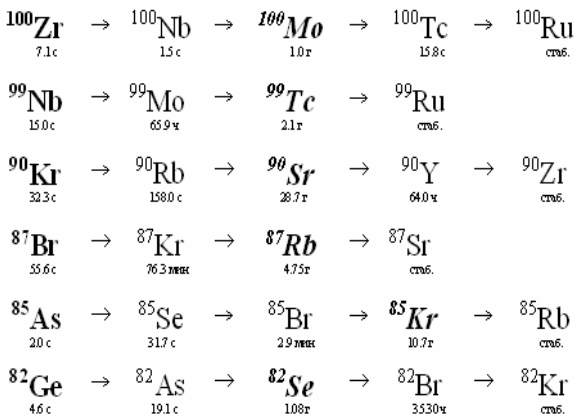


Рис. 2. Цепочки β -распадов осколков деления ^{181}Ta .

Жирным печатными литерами выделены осколки деления ^{181}Ta , жирными прописными – их долгоживущие продукты распада.

На рис. 3 приведен фрагмент аппаратного спектра остаточной активности танталовой мишени. Спектр был измерен с использованием Ge(Li) γ -детектора в 2006 году с целью поиска уникального долгоживущего изотопа $^{178\text{m}2}\text{Hf}$ (31 г.) [6, 7]. Мишень находилась под облучением в

течении 25 лет, с момента запуска ускорителя электронов (1965 г.) до момента вывода ускорителя из эксплуатации (1990 г.) и использовалась в качестве радиатора при проведении экспериментов в ННЦ ХФТИ.

Энергия пучка электронов регулировалась в пределах 0.8-1.2 ГэВ, рабочий ток $\sim 1 \mu\text{A}$.

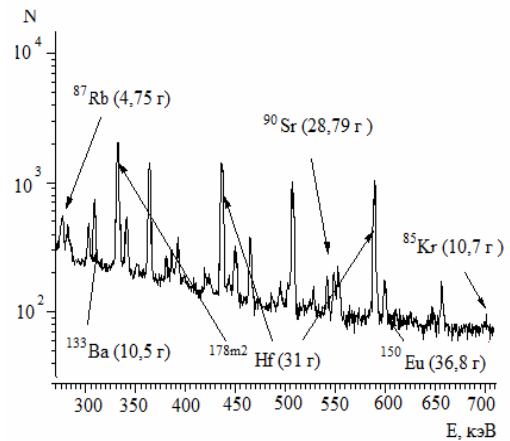


Рис. 3. Фрагмент аппаратного спектра остаточной активности мишени Ta.

В нижней части рисунка отмечены долгоживущие изотопы, обнаруженные в работах [6, 7]. В верхней части спектра обозначены изотопы, выявленные в настоящей работе с учетом данных теоретического расчета и спектроскопических таблиц [8]. Изотопы: ^{87}Rb , ^{85}Kr , ^{90}Sr можно интерпретировать как долгоживущие продукты распада осколков ^{87}Br , ^{85}As , ^{90}Kr , образованных при делении ^{181}Ta .

Выводы

Информация о долгоживущих продуктах деления ^{181}Ta в литературных

источниках отсутствует. Полученные теоретические и экспериментальные результаты могут быть использованы при планировании новых экспериментов по исследованию реакции деления ядер.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rubbia C., Rubio J.A., Buono S. et. al. Conceptual Design of a Fast Neutron Operated High Power Energy Amplifier. CERN/AT/95-44 T.
2. Proc. of the Internat. Workshop – Nuclear Methods for Transmutations of Nuclear Waste. Problems, Perspectives, Cooperative Research. Dubna, Russia, 29-31 May, 1996. Eds. M. Kh. Khankhasayev, H.S. Plendl, Z.B. Kurmanov. World Scientific. Singapore, New Jersey, London, Hong Kong.
3. Айзацкий Н.И., Борц Б.В., Водин А.Н. и др. Источник нейтронов НИЦ ХФТИ // ВАНТ. – 2012. – № 3. – P. 3-9.
4. Грузевич О.Т. Эмиссия нейтронов и γ -квантов из осколков деления // <http://www.ippe.ru/podr/cjd/vant/00-1/1-05.pdf>
5. Maslyuk V.T. New statistical approach to the systematization of heavy nuclei fission fragment // Intern. J. Phys. – 2000. – Vol. 6, No. 1-2. – P.1-8.
6. Goncharov I.G., Dovbnya A.M., Ranyuk Yu.M., Shevchenko O.S. Production of $^{178m2}\text{Hf}$ of a 1.2 – GeV electron accelerator // Ukr. J. Phys. – 2007. – Vol.52, № 9. – P. 823 – 825.
7. Goncharov I.G., Dovbnya A.M., Ranyuk Yu.M., Shevchenko O.S. Longlived $^{178m2}\text{Hf}$, ^{172}Hf , ^{150}Eu and ^{133}Ba isotopes photoproduction study // VANT. Nuclear Physics Investigations. – 2007. – №5. – P. 22 –25.
8. Firestone R.B. WWW Table of Radioactive Isotopes. Version 2.1, January 2004. <http://ie.lbl.gov/toi/>

Стаття надійшла до редакції 10.10.2012

O.S. Shevchenko¹, Yu. M. Ranyuk¹, A.M. Dovbnya¹,
V.T. Maslyuk², O.O. Parlag², I.G. Goncharov¹

¹National Science Center “Kharkiv Institute of Physics and Technology”
61108, Kharkiv; Akademichna Str., 1
e-mail: oksshevchenko@mail.ru

²Institute of Electron Physics, National Academy of Sciences of Ukraine
88017, Uzhhorod, Universitetskay Str., 21

INVESTIGATION OF LONG-LIVED PRODUCTS OF FISSION ^{181}Ta

The results of research long-lived products of fission are present.

Keywords: nuclear fission, gamma- spectroscopy, ^{181}Ta .

О.С. Шевченко¹, Ю.М. Ранюк¹, А.М. Довбня¹,
В.Т. Маслюк², О.О. Парлаг², И.Г. Гончаров¹

¹Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України
61108, Харків, вул. Академічна, 1

e-mail: oksshevchenko@mail.ru

²Інститут електронної фізики НАНУ, 88017 Ужгород, вул. Університетська, 21

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОЖИВУЧИХ ПРОДУКТІВ ПОДІЛУ ¹⁸¹Ta

Представлено результати дослідження довгоживучих продуктів поділу ¹⁸¹Ta.

Ключові слова: поділ ядер, гамма-спектроскопія, ¹⁸¹Ta.