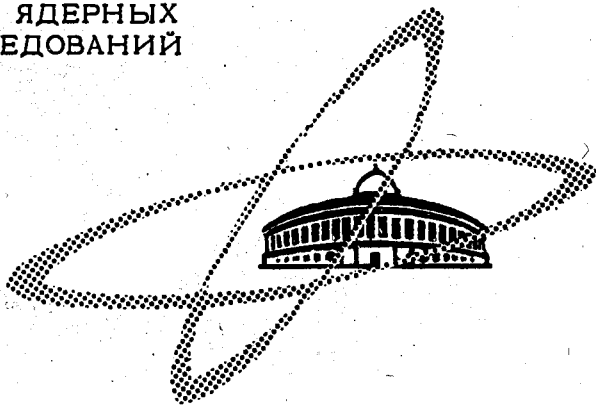


T-19

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

23/x-69



P15 - 4706

Н.И.Тарантин, А.П.Кабаченко, А.В.Демьянов

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
РАДИОАКТИВНЫХ СВОЙСТВ ИЗОТОПОВ ВИСМУТА  
С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МАСС-СЕПАРАТОРА  
НА ПУЧКЕ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

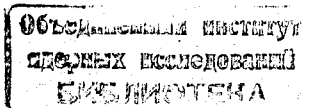
1969

P15 - 4706

Н.И.Тарантин, А.П.Кабаченко, А.В.Демьянов

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
РАДИОАКТИВНЫХ СВОЙСТВ ИЗОТОПОВ ВИСМУТА  
С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МАСС-СЕПАРАТОРА  
НА ПУЧКЕ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ

Направлено в ЯФ



Применение в ядерной физике электромагнитных масс-сепараторов для разделения смеси радиоактивных атомов существенно упрощает идентификацию исследуемых ядер и повышает ее надежность, а также облегчает расшифровку и изучение спектров радиоактивных излучений. Наиболее широкие возможности для идентификации и исследования радиоактивных ядер обеспечивают специальные электромагнитные масс-сепараторы, непосредственно связанные с ускорителем или ядерным реактором. В таких масс-сепараторах, получивших название "сепараторов на пучке", продукты ядерных реакций, образующиеся в мишени под действием ускоренных заряженных частиц или нейтронов, быстро отделяются тем или иным способом от вещества мишени и вводятся в ионный источник действующего масс-сепаратора. Регистрация и исследование излучений, сопровождающих распад сепарированных по массам радиоактивных атомов, осуществляются сразу же по мере их разделения с помощью счётчиков ядерных излучений, установленных в самом сепараторе или непосредственно рядом.

В настоящей работе приводятся результаты экспериментов с применением одного из таких сепараторов - электромагнитного масс-сепаратора на пучке тяжелых ионов (ЭМСНАПТИ) - по идентификации и ис-

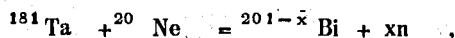
следованию радиоактивных свойств некоторых продуктов ядерных реакций, вызываемых тяжелыми ионами.

Подробное описание ЭМСНАПТИ было дано в работах <sup>/1-3/</sup>. Поэтому ниже приводится лишь схема его действия.

Пучок тяжелых ионов, ускоренных в циклотроне У-300, бомбардирует тонкую мишень, установленную в окне разрядной камеры ионного источника масс-сепаратора. Под действием импульса, передаваемого бомбардирующими частицами, продукты ядерных реакций выбиваются из мишени и задерживаются металлическим стопором, нагретым до высокой температуры. Этот стопор одновременно используется и как эмиттер электронов газоразрядного ионного источника. Внедренные в стопор атомы, а также продукты ядерных реакций, образовавшиеся в результате непосредственного облучения стопора тяжелыми ионами, быстро диффундируют к его поверхности, испаряются и попадают в электрический газовый разряд. Далее известным образом ионизованные атомы извлекаются из ионного источника, ускоряются электрическим полем, разделяются по массам магнитным анализатором и собираются на приемной плоскости сепаратора. Распад сепарированных атомов детектируется полупроводниковым  $\alpha$ -счётчиком, расположенным на приемной плоскости.

В настоящей работе с помощью ЭМСНАПТИ идентифицировались и исследовались  $\alpha$ -активные изотопы висмута с массовыми числами  $A = 192-197$ . Ранее эти изотопы идентифицировались <sup>/4-6/</sup> косвенными менее однозначными способами: методом перекрестных ядерных реакций и методом функций возбуждения. Методика идентификации и исследования, использованная в <sup>/7/</sup>, не известна.

Изотопы висмута получались в реакциях



где  $x = 4-9$ . В качестве мишени применялась 3-микронная танталовая фольга, а также сам стопор, изготовленный из листового тантала толщиной 0,2 мм. Энергия ионов  $^{20}\text{Ne}$ , бомбардирующих мишень, составляла 200 Мэв.

Для предотвращения сорбции труднолетучих продуктов ядерных реакций и продуктов их радиоактивного распада в этих опытах держатель мишени, выполненный из молибдена, и танталовая мишень не охлаждались водой, в результате чего они нагревались до высокой температуры ( $\approx 2000^\circ\text{C}$ ) тепловым излучением, испускаемым эмиттером электронов.

На приемную плоскость масс-сепаратора одновременно поступали ионы с массовыми числами в интервале от  $A = 180$  до  $A = 210$ . Калибровка и контроль шкалы масс производились по пучкам однозарядных ионов тантала ( $A = 181$ ) и окиси тантала (молекулярный вес 197), образующихся в результате испарения и катодного распыления танталового стопора.

Для идентификации продуктов ядерных реакций входное окно поверхностно-барьерного кремниевого счётчика перемещалось вдоль приемной плоскости масс-сепаратора. Перемещение счётчика и отсчёт координаты его положения по отношению к маркирующим ионным пучкам осуществлялось снаружи приемной камеры масс-сепаратора.

Импульсы с полупроводникового счётчика после усиления подавались на 4096-канальный амплитудно-временной анализатор для измерения энергии испускаемых продуктами реакций  $\alpha$ -частиц (512 каналов) и их периодов полураспада (8 каналов). При измерении периодов полураспада пучок ионов из источника масс-сепаратора периодически прерывался с помощью отклоняющего конденсатора.

Результаты одного из экспериментов по определению массовых чисел и измерению энергии  $\alpha$ -частиц продуктов реакций  $^{181}\text{Ta} + ^{20}\text{Ne}$  даются на рис. 1. На рисунке представлены энергетические спектры  $\alpha$ -частиц, полученные при размещении окна счётчика в фокусах пучков ионов соответственно с массовыми числами от  $A = 181$  до  $A = 198$ . Для калибровки шкалы энергий анализатора использовался эталон из  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{243}\text{Am}$ ,  $^{242}\text{Cm}$  и  $^{244}\text{Cm}$ , наиболее интенсивные линии  $\alpha$ -спектра которых имеют энергию соответственно 5,49; 5,28; 6,12 и 5,81 Мэв<sup>/8/</sup>.

Полученные в описываемых экспериментах суммарные данные, по энергии  $\alpha$ -частиц ( $E_\alpha$ ), периодам полураспада ( $T_{1/2}$ ) и идентификации продуктов реакций приведены в левой части таблицы.

Идентификация наблюдаемых  $\alpha$ -активных ядер как изотопов элемента висмута основывалась на следующих обстоятельствах:

а) При облучении  $^{181}\text{Ta}$  ионами  $^{20}\text{Ne}$  в результате реакций полного и неполного слияния бомбардирующей частицы с ядром мишени могли образоваться только нейтронодефицитные изотопы висмута, свинца, таллия и более близких элементов, радиоактивный распад которых ( $\alpha$ -распад или электронный захват) не мог приводить к образованию более далеких, чем свинец, элементов.

б) Радиоактивные свойства изотопов свинца и более близких элементов с массовыми числами  $A = 192-197$  в той части, в какой они известны (см. <sup>/8/</sup>, а также <sup>/7/</sup>), не совпадают с радиоактивными свойствами наблюдаемых  $\alpha$ -излучателей. Для неизвестного ядра  $^{193}\text{Pb}$  ожидаемая из экстраполяции закономерностей  $\alpha$ -распада энергия  $\alpha$ -частиц не должна превышать 5 Мэв, что существенно отличается от значений 5,95 и 6,50 Мэв, найденных для  $\alpha$ -излучателей с  $A = 193$ .

Идентификация некоторых  $\alpha$ -переходов как переходов из метастабильных состояний ядер сделана предположительно на основе сопоставления значений энергии испускаемых  $\alpha$ -частиц.

В правой части таблицы представлены известные из литературы аналогичные данные.

В заключение авторы выражают благодарность академику Г.Н.Флеорову и Е.Д.Воробьеву, под руководством которых была выполнена настоящая работа. Авторы благодарят также Н.С.Иванова, Б.Г.Зорина, Ом Зай Хуна за помощь в проведении экспериментов и группу эксплуатации циклотрона У-300 во главе с Б.А.Загером.

#### Л и т е р а т у р а

1. N.I.Tarantin, A.V.Demyanov, Yu.A.Dyachichin, A.P.Kabachenko. Nucl. Instr. Meth., 38, 103 (1965).  
Н.И.Тарантин, А.В.Демьянов. ПТЭ, 1, 41 (1966); А.В.Демьянов, Н.И.Тарантин, Ю.А.Дьячихин, А.П.Кабаченко. ПТЭ, 2, 28 (1966).
2. Н.И.Тарантин, А.В.Демьянов, Н.С.Иванов, А.П.Кабаченко. Препринт ОИЯИ, Р13-4061, Дубна, 1968.
3. Н.И.Тарантин, А.П.Кабаченко, А.В.Демьянов. Препринт ОИЯИ, Р13-4219, Дубна, 1968.
4. D.H.Templeton, I.Pperlman. Phys. Rev., 73, 1211 (1948).
5. H.M.Neumann, I.Pperlman. Phys. Rev., 78, 191 (1950).
- ✓6. W.Treytl, K.Vally. Nucl. Phys., A97, 405 (1967).
7. A.Siivola. Частное сообщение автору статьи в Ark. Fys., 36, 477 (1967).
8. C.M.Lederer, J.M.Hollander, I.Pperlman. Table of Isotopes. Sixth Edition. John Wiley and Sons, Inc. New Y., Lond., Sidney.

✓ 9. A.Siivola, P.Kauranen, B.Jung, J.Svedberg. Nucl. Phys., 52,  
449 (1964).

Рукопись поступила в издательский отдел  
12 сентября 1969 года.



Таблица

Результаты настоящих опытов		Литературные данные			Литера- тура		
A	$E_{\alpha}$ (Мэв)	T 1/2	Идентификация	$E_{\alpha}$ (Мэв)	T 1/2	Идентификация	Литера- тура
I92	6,09±0,02		I92 B <sub>i</sub>	6,07 6,050±0,005	48 сек 38±5 сек	I92 B <sub>i</sub> I91 B <sub>i</sub> или I95 B <sub>i</sub>	[7] [6]
I98	5,95±0,02	62 сек	I98 B <sub>i</sub>	5,91 5,892±0,005	60 сек 74±5 сек	I98 B <sub>i</sub> I92 B <sub>i</sub> или I96 B <sub>i</sub>	[7] [6]
I98	6,50±0,02	3,15 сек	I98 M B <sub>i</sub>	6,50	3,2 сек	I98 M B <sub>i</sub>	[7]
I94	5,67±0,02	62 сек	I94 B <sub>i</sub>	5,61	85 сек	I94 B <sub>i</sub>	[7]
I95	5,48±0,02	4 мин	I95 B <sub>i</sub>	5,42	2,5 мин	I95 B <sub>i</sub>	[7]
I95	6,15±0,02	80 сек	I95 M B <sub>i</sub>	6,2±0,1 6,13 6,100±0,005	1,7 мин 85 сек 55±10 сек	<I98 B <sub>i</sub> I95 M B <sub>i</sub> I91 B <sub>i</sub> или I95 B <sub>i</sub>	[5] [7] [6]
I97	5,81±0,02	9,5 мин	I97 M B <sub>i</sub>	5,5±0,3 5,83±0,06 5,81±0,03 5,81	9 мин 7±1 мин 8,0±0,5 мин 8,0 мин	<203 B <sub>i</sub> I98 (3) B <sub>i</sub> нет I97 M B <sub>i</sub>	[4] [5] [9] [7]

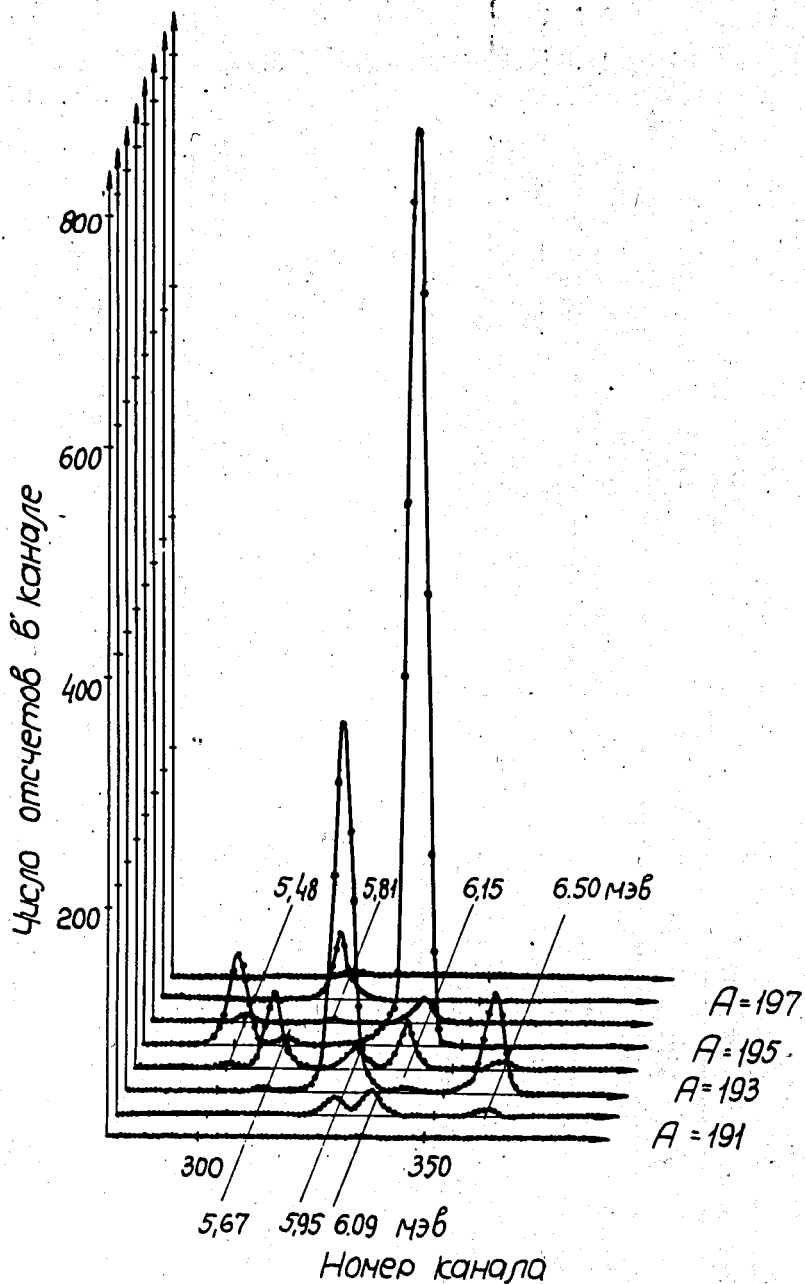


Рис. 1. Энергетические спектры  $\alpha$ -частиц продуктов ядерных реакций  $^{181}\text{Ta} + ^{20}\text{Ne}$  с массовыми числами  $A = 191-198$ .