

... были вычислялись по методу, изложенному в работе [12, 13]. Коэффициент пересчета оказался равным 1.2. Образцы бора и бериллия для облучений были изготовлены из чистых элементов. В таблице приведены основные характеристики исследованных способов получения  $Be^7$ , выходы при максимальной энергии, достигшие в настоящей работе, и данные из работ других авторов. Выход  $Be^7$  в функции энергии частиц для пяти исследованных способов получения представлено на рис. 1 и 2. В настоящей работе впервые измерены выходы  $Be^7$  при облучении бора и бериллия.

Как видно из полученных результатов, наиболее эффективными способами получения  $Be^7$  является облучение легких протонами и дейтонами.

Авторы благодарят З. П. Дмитриеву и Г. Н. Григорьеву за помощь в работе и В. Г. Виноградову за радиохимические выделения  $Be^7$  из некоторых образцов.

Поступило в Редакцию 14/XII 1970 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. G. Gruverman, P. Kruger. Intern. J. Appl. Rad. a. Isotopes, 5, 21 (1959).  
 2. С. П. Калинин, А. А. Оглоблин, В. М. Петров. «Атомная энергия», 2, 171 (1957).  
 3. G. Gleason, J. Gruverman, J. Need. Intern. J. Appl. Rad. a. Isotopes., 13, 223 (1962).  
 4. J. Martin et al. Nucleonics, 13, No. 3, 28 (1965).  
 5. Е. О. Колосова, И. В. Колосов. «Атомная энергия», 15, 422 (1963).  
 6. K. Wagner. Kernenergie, 6, 122 (1963).  
 7. W. Garrison. J. Hamilton. Chem. Rev., 49, 237 (1951).  
 8. H. Meeken. Production of Radioisotopes With Charged Particles (Dissertation), Amsterdam, 1957.  
 9. H. Aten, J. Halberstadt. Philips Techn. Rep., 16, № 1, (1954).  
 10. Н. Н. Краснов, П. П. Дмитриев. «Атомная энергия», 21, 52 (1966).  
 11. Н. Н. Дмитриев, И. О. Константинов, Н. Н. Краснов, Там же, 22, 310 (1967).  
 12. Н. Н. Краснов. Там же, 26, 284 (1969).  
 13. Ф. Фридлендер, Дж. Кеннеди, Дж. Уэллер. «Ядерная химия и радиохимия». М., «Мир», 1967, стр. 102.

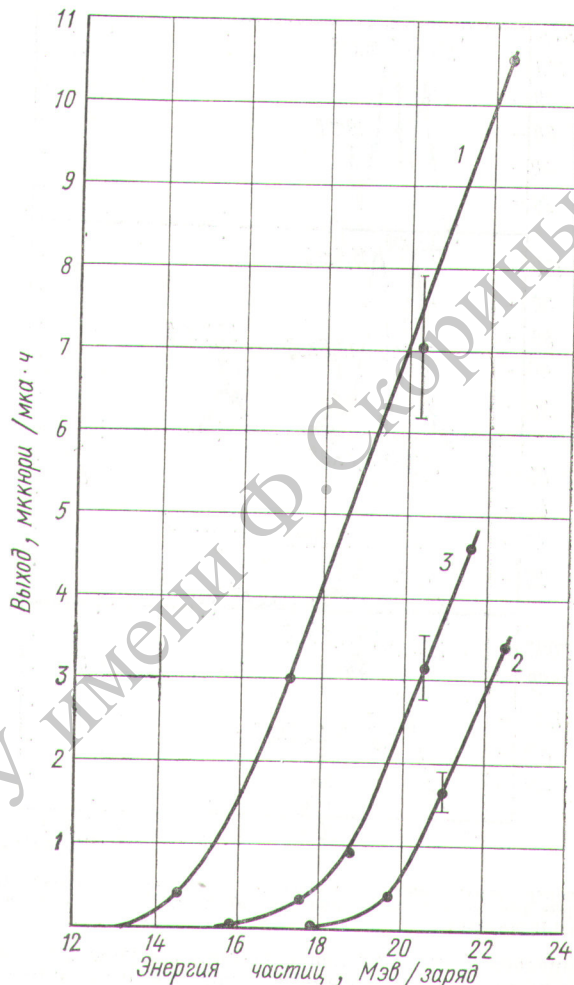


Рис. 2. Зависимость выхода  $Be^7$  от энергии бомбардирующих частиц при облучении толстых мишеней бериллия протонами, дейтонами и  $\alpha$ -частицами:

1 —  $Be + p$ ; 2 —  $Be + d$  (увеличено в 5 раз); 3 —  $Be + \alpha$  (увеличено в 2 раза).

## Исследование слабых $\alpha$ -активностей летучих фракций свинцово-цинковой руды методом $\alpha$ -X совпадений

В. М. ЧЕПИГИН, Г. М. ТЕР-АКОПЬЯН, С. Д. БОГДАНОВ

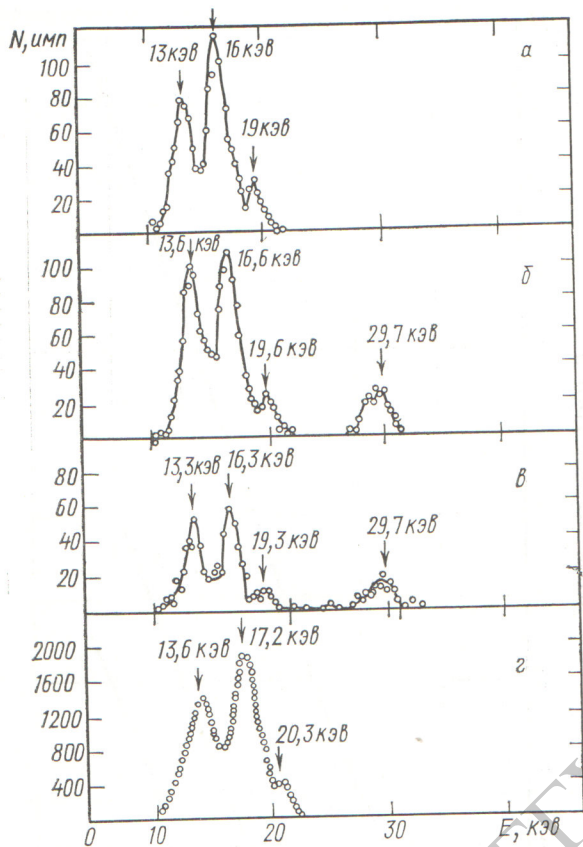
УДК 543.53

В течение последних нескольких десятков лет опубликованы статьи, в которых сообщалось об идентификации в рудах и минералах очень слабых долгоживущих  $\alpha$ -излучателей, энергии которых не укладываются в рамки известной систематики [1—13].

Помимо теоретических работ, в которых обсуждалась возможность существования долгоживущих слабых  $\alpha$ -излучателей с атомным номером 110—114 [14], усилен интерес к неидентифицированным слабым  $\alpha$ -активностям в природе.

Результаты исследования слабых  $\alpha$ -активностей и в некоторой степени химические данные позволяют допустить возможность существования  $\alpha$ -активных сверхтяжелых элементов в природе, однако применяемая методика экспериментов не может пока дать однозначных результатов. В нашей работе применен метод  $\alpha$ -X-совпадений для идентификации атомного номера исследуемых изотопов.

Возгоняющаяся фракция свинцово-цинкового концентрата была подвергнута химической процедуре,



Спектр рентгеновского излучения источников: урана (а),  $\text{Np}^{237}$  (б), исследуемого образца (в) и  $\text{Pu}^{238}$  (г). Применялся Si(Li)-детектор.

нацеленной на выделение осмия. Летучие продукты из пыли, конденсированные в ловушке с жидким азотом, растворялись в азотной кислоте с добавкой перекиси водорода. После нагрева до  $100^\circ\text{C}$  и повторной конденсации наиболее летучие продукты, собранные на подложку, содержали  $\alpha$ -активность с интенсивностью 4 распад/мин на 1 мг.

В результате 20-часового измерения с помощью поверхностно-барьерного Si — Au-детектора был получен  $\alpha$ -спектр, в котором четко проявлялась одна линия с энергией 4,78 Мэв.

При дальнейших измерениях мы пользовались спектрометром совпадений. Рентгеновское излучение измерялось Si(Li)-детектором с толщиной эффективного слоя 2,4 мм, охлажденным до температуры  $-110^\circ\text{C}$ . Для регистрации  $\alpha$ -частиц применялся поверхностно-барьерный Si — Au-детектор с площадью  $3,2\text{ см}^2$ . Схема совпадений разрешала регистрацию Si(Li)-детектором только в случае появления импульса от  $\alpha$ -частицы с энергией выше 4 Мэв. Правильность работы спектрометра и эффективность регистрации совпадений проверялись с помощью источника из естественного урана.

Разрешающая способность спектрометра рентгеновских лучей при недельной экспозиции была не хуже 2,5 кэв.

Первая серия измерений позволила установить, что мы имеем дело с излучателем, испускающим  $\alpha$ -частицы в возбужденном состоянии, вследствие чего в нашем спектре появлялись четыре линии в области 10—30 кэв. На основании энергии двух сильных линий ( $L_{\alpha}$ ,  $L_{\beta}$ ) можно было установить, что атомный номер неизвестного элемента  $Z = 93 \pm 1$ .

Во второй серии измерений мы решили сравнить спектр нашего источника со спектрами известных  $\alpha$ -излучателей в этой области Z. Этот метод позволяет исключить расчеты эффективности регистрации. На рисунке приведены рентгеновские спектры урана,  $\text{Np}^{237}$ ,  $\text{Pu}^{238}$  и нашего источника, на основе которых был сделан вывод, что найденная  $\alpha$ -активность принадлежит  $\text{Np}^{237}$ .

В таблице указаны интенсивности линий рентгеновского излучения  $\text{Np}^{237}$  и нашего источника. Отношение интенсивностей отдельных линий подтверждает нашу идентификацию, так же как и отношение интенсивности совпадений к скорости  $\alpha$ -счета. Некоторое превышение интенсивности L-серии для калибровочного препарата  $\text{Np}^{237}$  связано с присутствием в этом препарате примеси  $\text{Pu}^{239}$ . Количество примеси было таково, что интенсивность распадов  $\text{Pu}^{239}$  была равна половине интенсивности нештунния. В четвертой колонке таблицы приводятся интенсивности линий L-серии калибровочного источника, исправленные на величину вклада примеси плутония.

Наблюдение  $\text{Np}^{237}$  в свинцово-цинковом концентрате не следует рассматривать как нечто необычное. Оценки на основе факторов обогащения, которые дости-

Отношение интенсивностей для исследуемого образца и  $\text{Np}^{237}$

Отношение интенсивностей	Исследуемый образец	$\text{Np}^{237}$	$\text{Np}^{237}$ (с поправкой)	$\text{Np}^{237}$ расчет [15]
$f_{\alpha}/f_{\alpha-x}$	$10,8 \pm 1,0$	$8,5 \pm 0,9$	$10,9 \pm 1,1$	9,2
$f_{\alpha}/f_{\alpha-\gamma}$	$60 \pm 8$	$55 \pm 10$	$65 \pm 12$	64,5
$f_{\alpha-x}/f_{\alpha-\gamma}$	$6,4 \pm 1,0$	$8,5 \pm 1,0$	$6,4 \pm 1,0$	7,1

Примечание. Величина  $f_{\alpha}$  — число зарегистрированных  $\alpha$ -частиц;  $f_{\alpha-x}$ ,  $f_{\alpha-\gamma}$  — числа квантов рентгеновского и  $\gamma$ -излучений, зарегистрированных в совпадении с  $\alpha$ -частицами.

наблюдается в процессе переработки исходной руды, показывает, что в исходном концентрате содержание непуштуна не превышало  $10^{-11}$  вес.%. Такая примесь непуштуна, по-видимому, соответствует количеству техногенного непуштуна на Земле.

Данные, полученные в настоящей работе, должны привлечь внимание авторов, исследующих слабые  $\alpha$ -активности земных пород, на возможность маскировки настоящего эффекта или даже имитирования эффекта техногенным непуштуном. Слабые активности и большая толщина образцов приводят к большим статистическим ошибкам и к уширению спектра. Если эффект также и возможную нестабильность аппаратуры, которая может проявиться при многосуточных измерениях (это видно на примере двух спектров, представленных Чердынцевым и др. [7]), то становится ясным, что все три фактора могут дать в сумме довольно большую погрешность в измерении энергии  $\alpha$ -частиц. Недостаточно точно определенная энергия и отсутствие информации о времени жизни дают возможности для необоснованных выводов. Применение метода  $\alpha$ -X-совпадений, по нашему мнению, исключает эту возможность.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Г. Н. Флёрову за предложение данной темы и постоянный к ней интерес. Авторы благодарят Ф. Д. Маслова за помощь в работе.

Поступило в Редакцию 17/VIII 1970 г.  
В окончательной редакции 10/XI 1970 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. J. Joly. *Naturwiss.*, **12**, 693 (1924).
2. M. Ziegert. *Z. Phys.*, **46**, 668 (1928).
3. J. Schintelmeyer. *Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss.*, **144** 11a, 475 (1935).
4. G. Seaborg, I. Perlman. *J. Amer. Chem. Soc.*, **70**, 1571 (1948).
5. D. Perrard. *J. Amer. Chem. Soc.*, **74**, 60 (1952).
6. В. В. Чердынцев, В. Ф. Михайлов. «*Геохимия*», **1**, 1 (1963).
7. В. В. Чердынцев и др. «*Геохимия*», **4**, 395 (1968).
8. R. Cherry, K. Richardson, J. Adams. *Nature*, **202**, 639 (1964).
9. R. Gentry. *Appl. Phys. Letters*, **8**, 65 (1966).
10. R. Gentry. *Bull. Amer. Phys. Soc.*, **12**, 32 (1967).
11. C. Levine, G. Seaborg. *J. Amer. Chem. Soc.*, **73**, 3278 (1951).
12. W. Davis, J. Mewharter. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **26**, 681 (1962).
13. H. Meier et al. *Z. Naturforsch.*, **25**, 79 (1970).
14. Ю. А. Музычка, В. В. Пашкевич, В. М. Струтинский. ОИЯИ, P7-3733, Дубна, 1968; S. Nilsson et al. *Nucl. Phys.*, **A115**, 545 (1968).
15. C. Lederer, J. Hollander, I. Perlman. *Table of Isotopes*. Edit. J. Wiley, 1967.

## Нейтронно-резонансная установка с центральным расположением источника

Б. С. ВАХТИН, Е. М. ФИЛИППОВ

УДК 543.53

В работах [1—2] приведены результаты исследований по применению нейтронно-резонансного метода для определения в пробах серебра, золота, индия, цинка, бора и других элементов. Источник нейтронов при этом помещался в замедлитель вне пробы.

Для экспрессного определения бора авторами настоящей работы разработана нейтронно-резонансная установка (НРУ) с центральным расположением источника (рис. 1). Целесообразность использования НРУ для определения высоких концентраций бора обоснована в работе [3]. Источник нейтронов в НРУ устанавливается внутри цилиндрического активатора, который в свою очередь помещается внутри цилиндрической кассеты, окруженной замедлителем. Неведенная активность активатора возникает под действием нейтронов, потерявших свою энергию в замедлителе и прошедших через пробу. Установка состоит из блока-замедлителя 1, представляющего собой куб из оргстекла со стороной 50 см. В блоке имеется горизонтальный канал, в который помещается каретка 2, изготовленная также из оргстекла. В средней части каретки проходит вертикальный канал, покрытый внутри кадмием ( $\sim 1$  мм), куда помещается цилиндрическая кассета 3 с пробой. Расстояние между стенками кассеты (толщина слоя пробы) 5 мм, высота кассеты 95 мм. Цилиндрический активатор 4 изготовлен из серебряной фольги толщиной 0,1 мм. Его диаметр  $\sim 49$  мм, высота 85 мм. В нижней части канала каретки установлен кадмиевый коль-

цевой диск толщиной 1 мм с серебряным покрытием 0,1 мм. Диск имеет отверстие, несколько большее диаметра активатора, и является держателем кассеты. Аналогичный диск накладывается сверху кассеты. Вертикальный канал в блоке-замедлителе служит для прохода источника нейтронов 5, укрепленного на подвижной трубе 6. Источник нейтронов (плутоний-бериллиевый с выходом  $4,3 \cdot 10^6$  нейтрон/сек) в рабочем положении помещается в защитном парафиновом блоке 7. Свинец 18 используется для защиты детектора от излучения. Ограничитель 19 фиксирует каретку в рабочем положении. Под кареткой находится держатель 10 активатора, который представляет собой брус из оргстекла. Держатель, находясь в крайнем правом положении (см. рис. 1), служит опорой для активатора; перемещение его влево освобождает активатор, который за счет собственного веса по каналу 11 подается в измерительный домик 12 и надевается на детектор 13. Детектор (три счетчика типа СТС-6) крепится во втулке 14, которая может выдвигаться из домика.

Порядок работы на НРУ заключается в следующем. Источник нейтронов устанавливается в верхнее положение, держатель — в крайнее правое. В канал каретки вставляется кассета с пробой и активатор, укладывается кадмиевый диск, и каретка передвигается вправо до упора в ограничитель. Источник устанавливается в нижнее, рабочее положение (внутри активатора), и этот момент считается началом времени облу-