

СЗ41.3Г
Ф-716

21/VII.69

D6 - 4554

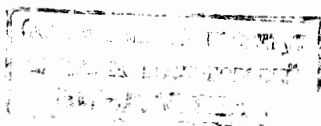
**Г.Н.Флеров, Н.К.Скобелев, Г.М.Тер-Акопьян,
В.Г.Субботин, Б.А.Гвоздев, М.П.Иванов**

**ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ
ДОЛГОЖИВУЩЕГО СПОНТАННО ДЕЛЯЩЕГОСЯ
ПРИРОДНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ**

D6 - 4554

Г.Н.Флеров, Н.К.Скобелев, Г.М.Тер-Акопьян,
В.Г.Субботин, Б.А.Гвоздев, М.П.Иванов

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ
ДОЛГОЖИВУЩЕГО СПОНТАННО ДЕЛЯЩЕГОСЯ
ПРИРОДНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ



4891 / 2 нр.

1. В последнее время появились теоретические работы^{/1,2,3,4/}, указывающие на существование довольно обширной области сверхтяжелых сферических ядер. Расчёты барьеров деления и масс ядер в основных состояниях, проведенные на основе метода Струтинского^{/5/} с различными одночастичными схемами уровней, приводят к выводу, что вблизи замкнутых оболочек ($Z = 114$ и $N = 184$) могут быть обнаружены отдельные β - стабильные изотопы с исключительно большими полупериодами α -распада и спонтанного деления ($10^8 - 10^{10}$ лет). Действительные времена жизни могут отличаться от расчётных на несколько порядков, однако эти результаты оставляют надежду на успех поисков сверхтяжелых элементов в природе.

Интересные результаты в этом направлении были получены П.Фаулером с сотрудниками^{/6/}, сообщившими о наблюдении ядер с $Z > 100$ в первичном космическом излучении. При условии повышения надежности определения заряда ядер дальнейший поиск сверхтяжелых элементов в космических лучах представляется перспективным.

Прямые попытки обнаружения 110-го элемента в платиновой руде, которые были предприняты С.Томпсоном с сотрудниками^{/8/} и Весоловски и др.^{/9/}, дали отрицательный результат.

В работе Г.Н.Флерова и В.П.Перелыгина^{/7/} сообщалось о наблюдении следов осколков деления в диэлектрических средах, находившихся в контакте со свинцом, а также в некоторых образцах свинцовых стекол. Если отнести обнаруженные следы осколков к свинцу, то кажущийся полупериод спонтанного деления свинца в различных образцах колеблется от

$2 \cdot 10^{20}$ до $2 \cdot 10^{22}$ лет. Можно, как это делают авторы/7/, предположить, что наблюдаемый эффект вызван спонтанным делением тяжелого химического аналога свинца или другого сопутствующего свинцу элемента, который имеет период полураспада свыше 10^8 лет и содержится в отдельных образцах в виде примеси 10^{-12} - 10^{-14} г/г. Изучение химических свойств курчатовия, проведенное И.Зварой с сотрудниками/10/, показало, что он подобен гафнию, т.е. ряд актинидов завершается 103-им элементом. Следовательно, тяжелым химическим аналогом свинца является, по-видимому, элемент с порядковым номером 114.

2. Нам представлялось важным проверить результаты работы/7/ независимым методом. С этой целью для регистрации осколков спонтанного деления были применены большие пропорциональные счётчики. Опыт использования подобной аппаратуры при измерении периода спонтанного деления тория/11/ показал, что она обладает чрезвычайно низким собственным фоном. Методика пропорциональных счётчиков позволяет вести поиск спонтанного деления практически в любых минералах и соединениях.

Было изготовлено несколько пропорциональных счётчиков. Их корпуса представляли собой тонкостенные алюминиевые или стальные трубы длиной 200 см и диаметром 26 см (см. рис. 1). Катодами счётчиков служили полуцилиндрические желоба из алюминиевого сплава толщиной 3 мм. Исследуемые образцы наносились тонким слоем ($2,5-3$ мг/см²) на внутреннюю поверхность желобов. Площадь внутренней поверхности равнялась $1,6 \times 10^4$ см². Анодом служили нихромовые нити диаметром 50 мкм, укрепленные на торцовых крышках-изоляторах из оргстекла. В качестве наполнителя был выбран метан. Рабочее давление 50 мм.рт.ст. было подобрано так, чтобы получить возможно большее отношение сигналов от осколков деления к сигналам от α -частиц U и Th, не слишком сильно уменьшив при этом абсолютную величину электрических импульсов. Счётчики имели широкую область пропорциональности, коэффициент газового усиления при рабочем напряжении 1200 в был равен 300.

Электронная аппаратура, применяемая в данных опытах, должна быть максимально простой и надежной и в то же время иметь минимальный собственный фон. На каждом счётчике использовалась аппаратура, блок-схема которой показана на рис. 2. Импульс напряжения, возникающий

на аноде счётчика, усиливался и формировался линейным транзисторным предусилителем. Коэффициент усиления предусилителя варьировался от 5 до 12. Формирование осуществлялось одной дифференцирующей RC-цепочкой с постоянной времени $40 \cdot 10^{-6}$ сек. Выходной импульс предусилителя подавался на дискриминатор, который линейно передавал часть импульса, превысившую порог дискриминации. Порог дискриминации устанавливался равным пятикратной величине амплитуды импульсов от α -частиц урана. Импульс дискриминатора затягивался схемой удлинения импульса до секундной длительности с сохранением амплитуды и через выходной каскад подавался на один из каналов многоточечного самописца. Измерительный механизм каждого канала самописца был выполнен по принципу стрелочного прибора магнитоэлектрической системы и не имел усилительных элементов. Высокое напряжение нитей счётчика и питание предусилителя осуществлялись от сухих элементов, остальная часть схемы питалась от аккумулятора. Напряжение питания всех систем равнялось 6в, предусилитель потреблял ток ≈ 5 ма, остальная часть электронной схемы ≈ 12 ма. Батареи питания и предусилитель были укреплены на торце счётчика в специальном экране. Этим достигалась практически полная нечувствительность электронной схемы к электрическим помехам.

Для нанесения слоев исследуемый материал измельчался в шаровой мельнице до размеров зерен 0,5-1,0 микрон. Пульпа измельченного материала в смеси спирта и ацетона (1:3) наносилась распылением на желоба счётчиков. Для связывания слоя в пульпу добавлялся клей БФ-2, который составлял по весу менее 3% от исследуемого материала. В диэлектрические среды для создания проводимости вводился аквадаг (8% по весу).

3. Для калибровки счётчика на внутренней стенке корпусов помещался препарат из разделенного изотопа ²³⁵U (обогащение 89,8%), содержащий ≈ 4 мг урана. Регистрировались осколки деления урана тепловыми нейтронами от Po - Be источника, помещенного в парафиновый контейнер. В процессе рабочих измерений урановый препарат закрывался специальной заслонкой. На рис. 3 приведен типичный амплитудный спектр, полученный при калибровке. Был проведен специальный опыт, в котором несколько эталонных образцов ²³⁸U с толщиной, эквивалентной толщине исследуемых

слоев, было помещено равномерно на различных участках внутри одного из счётчиков. Измеренная по спонтанному делению ^{238}U эффективность регистрации осколков деления оказалась равной 60%.

Особое внимание было обращено на измерение фона от спонтанного деления урана, содержащегося в образцах в виде примеси, а также фона от деления примесей тория космическими лучами. Эффект от деления тория на уровне моря приводит к кажущейся нижней границе полупериода спонтанного деления ^{232}Th $1,5 \cdot 10^{19}$ лет/12/. Содержание урана и тория в исследуемых образцах определялось по делению этих примесей в потоках тепловых и быстрых нейтронов. Эти данные также контролировались по α - активности, измеряемой пропорциональными счётчиками непосредственно в процессе работы. Уровень α -счета от препаратов общим весом 50 г не превышал обычно 2-3 импульса в секунду.

Примеси урана и тория в исследуемых образцах колебались в пределах 10^{-4} - $10^{-5}\%$ по весу. Следовательно, основным источником фона служило спонтанное деление ^{238}U ($T_{1/2} = 10^{16}$ лет). Один акт спонтанного деления ^{238}U должен наблюдаться за 4 (10^5 - 10^6) г. часов измерений. Эффект от деления тория космическими лучами примерно в 1000 раз меньше.

Фон тепловых и быстрых нейтронов в здании контролировался. Кроме того, периодически измерялся эффект деления эталонного препарата ^{235}U фоновыми нейтронами. Установлено, что фоновые нейтроны могут дать ложный эффект на примеси урана и тория примерно в 25 раз меньший, чем от спонтанного деления урана.

Поиск аномального эффекта спонтанного деления проводился на образцах, содержащих свинец. Подавляющее большинство препаратов содер- жало заметное количество этого элемента - от 10 до 90% по весу. Нельзя исключить, что деление свинца (или образование звезд на ядрах свинца) космическими лучами может имитировать эффект. Для количественной оценки этого явления в один из счётчиков был помещен слой, содержащий изотоп ^{208}Pb в виде сульфида свинца. Обогащенный изотоп ^{208}Pb (содержание 98,7%) был получен электромагнитным разделением и практически не мог содержать примесей элементов с другим атомным весом.

Вес свинца в препарате равнялся 36 граммам. За 56 суток измерений было зарегистрировано 2 импульса. Следовательно, фон от деления свинца космическими лучами на уровне моря мал; кажущийся полупериод спонтанного деления свинца, обусловленный этим явлением, $\sim 3,5 \cdot 10^{21}$ лет. Этот результат согласуется с экстраполяцией данных/13/ о делении ядер висмута и тория космическими лучами на высоте 4000 метров.

4. Результаты измерений с двумя образцами свинцовых стекол приведены в таблице. Там же указаны аналогичные данные об измерениях с образцом сурика и с обогащенным свинцом-208.

Таблица

Название образца	Время измерений (ч)	К-во зарегистрированных импульсов	Вес образца (г)	Содержание некоторых элементов (%)			Кажущийся полупериод спонтанного деления свинца (лет)
				Pb	U	Th	
Стекло лабор., защитное	2592	15	55	40	10^{-5}	10^{-3}	$5 \cdot 10^{20}$
Стекло свинцовое, оптическое	984	8	45	30	$2 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{20}$
Сурик (Pb_2O_3)	864	1	54	90	-	-	
Свинец-208 (PbS)	1344	2	41	87	-	-	$4,2 \cdot 10^{21} \text{ x/}$

x/ Среднее для свинца-208 и сурика.

В последнем столбце таблицы приводится измеренный кажущийся полупериод спонтанного деления свинца. Видно, что для сурика и ^{208}Pb эта величина в 10 раз больше, чем для двух образцов стекла. Три импульса, которые были зарегистрированы на ^{208}Pb и на сурике (в сумме), можно рассматривать как верхнюю границу фона, связанного с делением свинца космическими лучами. Вместе с тем, эти три импульса, зарегистрированные за 2500 часов непрерывных измерений, определяют верхнюю границу фона электроники.

На рис. 3 приводится амплитудный спектр импульсов, зарегистрированных четырьмя пропорциональными счётчиками на двух образцах свинцовых стекол (для большей надежности слои периодически перемещались из одного счётчика в другой). Сравнение измеренного спектра с калибровочным спектром осколков деления ^{235}U тепловыми нейтронами показывает, что зарегистрированные импульсы имеют амплитудное распределение, соответствующее спектру осколков деления, вылетающих из слоя толщиной 2,5–3 мг/см².

Абсолютная величина кажущегося полупериода спонтанного деления свинца для двух свинцовых стекол равна $(4,4 \pm 1,0) \cdot 10^{20}$ лет и совпадает в пределах ошибок с результатом работы /7/, который был получен на этих стеклах. Не вызывает сомнений, что наблюдаемый эффект не вызван делением примесей урана и тория, а также делением самого свинца. Нам представляется вероятной справедливость предположения /7/ о существовании тяжелого химического элемента, который имеет период полураспада по отношению к спонтанному делению свыше 10^8 лет и содержится в данных образцах стекол в виде очень малой примеси (около 10–10% по весу).

Естественным продолжением экспериментов является поиск эффекта спонтанного деления в различных свинцовых рудах. В этом направлении получены пока предварительные результаты. Основные свинцовые минералы — галениты. Поиски эффекта на самородных галенитах, а также в концентратах галенита, полученных из сравнительно "бедных" руд, дали отрицательный результат. Однако с двумя образцами руды, содержащими около 10% свинца, было зарегистрировано 9 импульсов осколков спонтанного деления за $9 \cdot 10^4$ г. часов измерений — эффект, сравнимый с результатом на свинцовых стеклах. Фон от спонтанного деления урана и от деления свинца и тория космическими лучами в данном эксперименте был по крайней мере в пятьдесят раз меньше эффекта.

Экспериментальные результаты, изложенные в данной работе, являются дополнительным подтверждением справедливости гипотезы о существовании долгоживущих спонтанно делящихся сверхтяжелых ядер.

В заключение авторы выражают признательность В.А.Друину и И.Зваре за полезные советы и многочисленные обсуждения. Авторы благодарны И.В.Кузнецову за большую помощь на начальной стадии работы,

А.В.Михушкину, А.Г.Пилькову, Ю.А.Дьячихину, П.И.Ульянову, А.И.Коровкину за участие в подготовке аппаратуры, а также В.М.Мазуру и Э.Цесляк за значительную помощь в измерениях.

Л и т е р а т у р а

1. В.М.Струтинский, Ю.А.Музычка. *Материалы Международной конференции по физике тяжелых ионов, Дубна, СССР, октябрь 1966, вып. 2. Препринт ОИЯИ, Д7-3548, Дубна, 1966.*
2. Ю.А.Музычка, В.В.Пашкевич, В.М.Струтинский. *Препринт ОИЯИ, Р7-3733, Дубна, 1968; ЯФ, 8, 716 (1968).*
3. S.G.Nilsson, J.R.Nix, A.Sobiczewski, Z.Szymański, S.Wycech, C.Gustafson and P.Möller. *Nucl. Phys., A115, 545 (1968).*
4. S.G.Nilsson, University of California, Lawrence Radiation Laboratory. *Report UCRL-18355 (1968).*
5. V.M.Strutinski. *Nucl. Phys., A95, 420 (1967); ЯФ, 3, 614 (1966).*
6. P.H.Fowler, R.A.Adams, V.G.Cowan and J.M.Kidd. *Proc. Roy. Soc. A301, 39 (1967); Ф. Пауэлл. Вестник АН СССР, №8 (1968).*
7. Г.Н.Флеров, В.П.Перельгин. *Препринт ОИЯИ, Р7-4205, Дубна, 1968.*
8. S.G.Nilsson, S.G.Thompson and S.F. Tsang. *Phys.Lett., 28B, 458 (1969).*
9. J.J. Wesolowski, W.J.R.Jewell and F.Guy. *Phys.Lett., 28B, 544 (1969).*
10. И.Звара, Ю.Т.Чубурков, Р.Цалетка, Т.С.Зварова, М.Р.Шалаевский, Б.В.Шилов. *АЭ, 21, 83 (1966).*
11. Г.Н.Флеров, Д.С.Клочков, В.С.Скобкин, В.В.Терентьев. *ДАН, 118, 69 (1958).*
12. А.В.Подгурская, В.И.Калашникова, Г.А.Столяров, Е.Д.Воробьев, Г.Н.Флеров. *ЖЭТФ, 28, 503 (1955).*
13. Г.Н.Флеров, В.И.Калашникова, А.В.Подгурская, Е.Д.Воробьев, Г.А.Столяров. *ЖЭТФ, 36, 727 (1959).*

Рукопись поступила в издательский отдел

20 июня 1969 года.

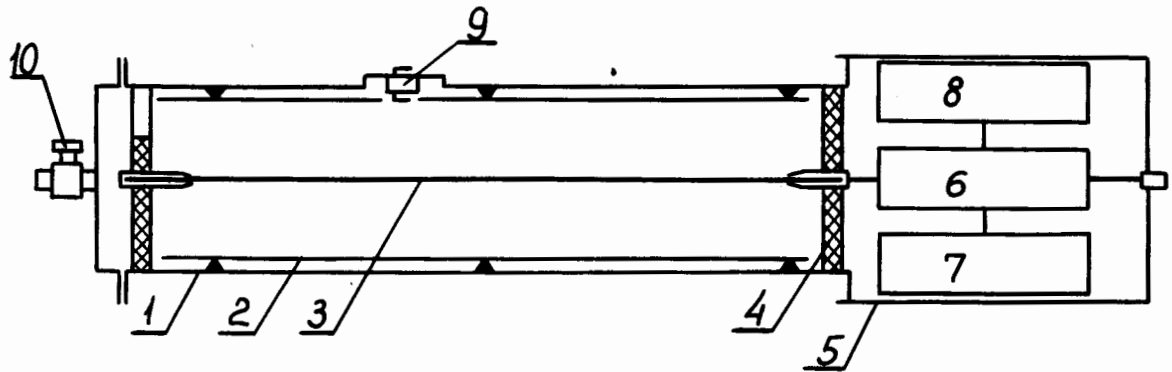


Рис. 1. Пропорциональный счётчик. 1 - корпус, 2 - подложка для нанесения исследуемых образцов, 3 - нить, 4 - изолятор, 5 - медный экран, 6 - предусилитель, 7, 8 - батареи питания, 9 - источник ^{235}U , 10 - вентиль.

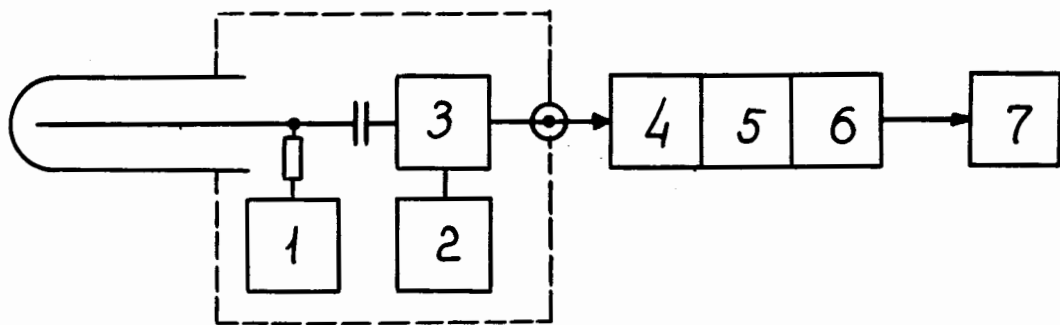


Рис. 2. Блок-схема электронной аппаратуры. 1, 2 - батареи питания, 3 - предусилитель, 4 - дискриминатор, 5 - схема удлинения, 6 - выходной каскад, 7 - самописец.

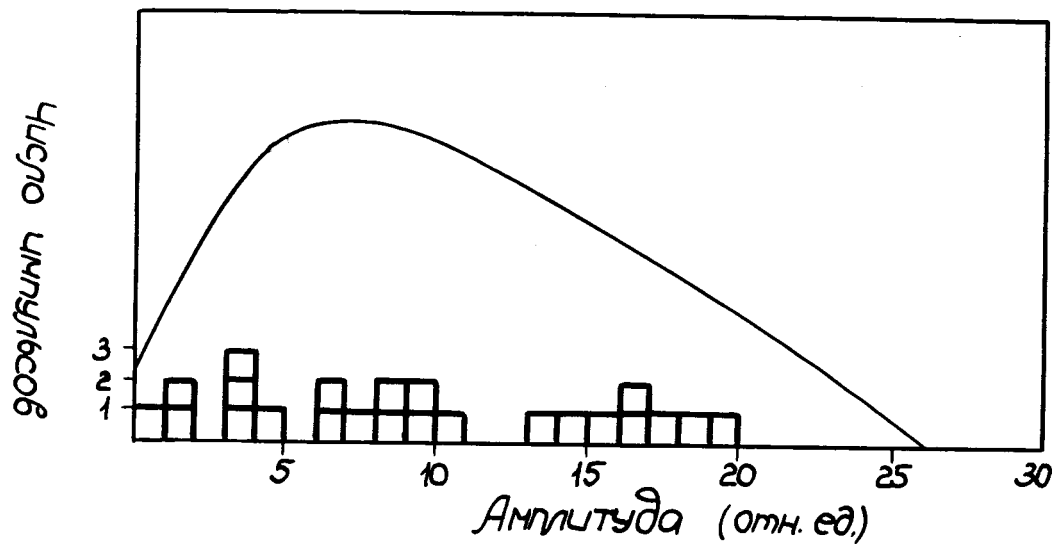


Рис. 3. Спектры импульсов осколков деления. Сплошной кривой изображен калибровочный спектр, квадратами - импульсы от двух образцов свинцовых стекол.