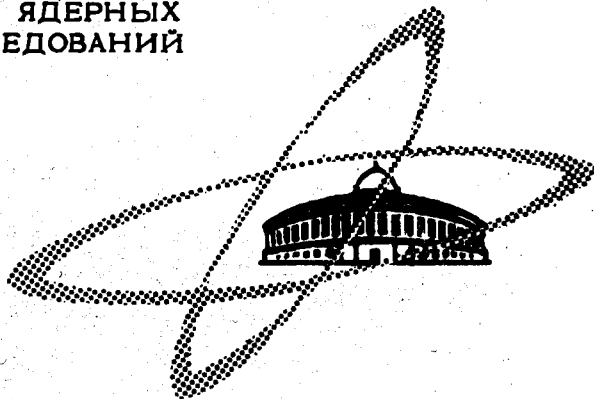


A-382

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.



P7-4772

Г.Н.Акапьев, В.А.Друин, В.И.Рудь, Г.Я.Сун-Цзин-Ян

О РОЛИ α -РАДИОАКТИВНОГО ФОНА
ПРИ ИЗУЧЕНИИ α -РАСПАДА ЭЛЕМЕНТА 104

P7-4772

Г.Н.Акапьев, В.А.Друин, В.И.Рудь, Г.Я.Сун-Цзин-Ян

8/11/2
О РОЛИ α -РАДИОАКТИВНОГО ФОНА
ПРИ ИЗУЧЕНИИ α -РАСПАДА ЭЛЕМЕНТА 104 *

Направлено в ЯФ

* См. работу /1/

В 1956-1957 гг. Г.Н. Флеров и др. ^{/2,3/}, проводя опыты по синтезу и изучению α -распада трансурановых элементов на циклотроне многозарядных ионов, обратили внимание на возникновение большого числа фоновых α -излучателей в области полония - радия, свойства которых были близки к ожидаемым свойствам элементов в трансменделеевской области. В частности, были обнаружены α -излучатели с энергией α -частиц 8,87 и 11,65 Мэв, которые позже были идентифицированы как изомеры полония ^{211m}Po ($T_{1/2} = 25$ сек) и ^{212m}Po ($T_{1/2} = 45$ сек) ^{/4/}.

Выяснилось, что источником фона являются микропримеси висмута, свинца и ртути в веществе мишени. Сечения образования некоторых фоновых изотопов на свинце под действием ионов углерода, кислорода, или неона в сотни тысяч и более раз превышают сечения образования трансменделеевских элементов. Поэтому были разработаны методы тщательной очистки вещества мишени (плутония, америция) от микропримесей Bi, Pb, Hg и др. В дальнейшем это позволило успешно провести опыты по синтезу и изучению α -радиоактивных свойств многих изотопов элементов 102 и 103 ^{/5,6,7/}.

Недавно были опубликованы результаты работы Гиорсо и др. ^{/1/} по получению α -радиоактивных изотопов элемента 104, курчатовия, ранее синтезированного в Дубне ^{/8,9/}. В этих экспериментах ^{/1/} мишень из ²⁴⁹Cf облучалась ускоренными ионами ¹²C и ¹³C. По-ви-

димому, наиболее тщательно изучалась ядерная реакция $^{249}\text{Cf}(^{12}\text{C}, 4n)^{257}\text{104}$ для которой приводятся как спектры первичных α -частиц, так и результаты измерений распределения на вторичных сборниках генетически связанного изотопа $^{253}\text{102}$ (так называемые эксперименты "мать-дочь").

При рассмотрении первичных спектров α -частиц, зарегистрированных всеми четырьмя детекторами, использованными в опытах ^{/1/}, обращает на себя внимание очень интенсивная линия с энергией 7,136 Мэв (^{214}Ra). На рис. 1 верхний спектр представляет собой результат облучения ^{249}Cf ионами ^{12}C , зарегистрированный первым детектором ^{/1/}. Интенсивность линии 7,136 Мэв примерно в 5000 раз превосходит интенсивность всех α -линий, приписанных изотопу $^{257}\text{104}$.

Очевидно, что появление ^{214}Ra (7,136 Мэв) в продуктах ядерных реакций обусловлено наличием свинца в калифорниевой мишени. Изотоп ^{214}Ra образуется в результате ядерной реакции $^{208}\text{Pb}(^{12}\text{C}, 6n)^{214}\text{Ra}$ или за счет реакций на других изотопах свинца при испарении меньшего числа нейтронов. Ту же самую природу имеют и изотопы радона с массовыми числами 209, 210 и 212, α -линии от распада которых в большом количестве присутствуют на первичных α -спектрах. Авторы ^{/1/} вообще не обсуждают вопроса о фоне от свинца и не приводят α -спектров при облучении Pb ионами ^{12}C .

Чтобы проверить, какова возможная величина вклада в первичные α -спектры ^{/1/} от примесей свинца в мишени, мы провели облучение мишени из естественного свинца ионами углерода с той же энергией (71 Мэв) в условиях эксперимента, близких к условиям работы ^{/1/}.

Схема установки, использованной в наших экспериментах, изображена на рис. 2. Свинцовая мишень толщиной $1,5 \text{ мг}\cdot\text{см}^{-2}$ облучалась на выведенном пучке 310-сантиметрового циклотрона ОИЯИ. Наша аппаратура, как и аппаратура Гиорсо и др. ^{/1/}, основана на использовании метода Макферлана ^{/10/}. Атомы отдачи тормозились в газе (смесь гелия

и азота) и выносились потоком газа из рабочей камеры через малое отверстие в непрерывно откачиваемый объем, в котором находились колесо-сборник диаметром 240 мм и α -детекторы. Сборник помещался на пути газовой струи. В качестве детекторов α -частиц использовались два поверхностно-барьерных кремниевых счетчика, расположенные под углами $\approx 90^\circ$ и $\approx 180^\circ$ относительно направления газовой струи. Перенос ядер - продуктов реакций осуществлялся поворотом колеса на $88^\circ 48'$ за время $\approx 0,2$ сек. Выбранный угол поворота обеспечивал исключение накопления долгоживущих α -активностей на ободу колеса-сборника. Время "накопление-измерение" варьировалось с помощью блока автоматики. Возможность проведения временного анализа α -спектра обеспечивалась разбиением времени измерения для каждого детектора на 4 интервала. Амплитудно-временной анализ импульсов с детекторов осуществлялся с помощью анализатора АИ-4096.

На рис. 1 внизу показан α -спектр, полученный нами на первом детекторе в режиме непрерывного облучения свинцовой мишени ионами ^{12}C с энергией 71 Мэв и для времени "накопление-измерение", равного 3,2 сек.

Из сравнения наших α -спектров, полученных при облучении $\text{Pb} + ^{12}\text{C}$, и α -спектров, полученных группой Гиорсо /1/ при облучении $^{249}\text{Cf} + ^{12}\text{C}$, видно, что примеси свинца в калифорниевой мишени ответственны за некоторые интенсивные линии в спектре. Наблюдаемое соотношение между интенсивностями этих линий, естественно, зависит не только от энергии ионов ^{12}C , но и от особенностей работы экспериментальной установки. К сожалению, в работе Гиорсо и др. /1/ не приводятся данные по изучению реакции $\text{Pb} + ^{12}\text{C}$ в тех же условиях, что и $^{249}\text{Cf} + ^{12}\text{C}$, хотя необходимость такого фонового опыта совершенно очевидна.

Вызывает также удивление, что некоторые хорошо известные активности в экспериментах Гиорсо и др. ^{/1/} ведут себя не свойственным им образом. Анализ спектров, измеренных четырьмя детекторами, показывает, что, например, активность с $E_{\alpha} = 6,043$ Мэв, принадлежащая изотопам радона ^{209}Rn ($T_{1/2} = 30$ мин) и ^{210}Rn ($T_{1/2} = 2,4$ часа), распадается с периодом $\approx 2,5$ сек. То же относится и к многим другим хорошо известным α -линиям, приписанным авторами ^{/1/} различным изотопам в трансурановой области. В частности, ^{250}Fm ($T_{1/2} = 30$ мин, $E_{\alpha} = 7,43$ Мэв) *распадается* с $T_{1/2} \approx 4$ сек. Относительно линии $8,87$ Мэв, принадлежащей $^{211\text{m}}\text{Po}$ ($T_{1/2} = 25$ сек), авторы утверждают, что ее природа неизвестна. Вероятно, это утверждение основано на том, что их временной анализ указывает на наличие приблизительно трехсекундного периода полураспада.

Все изложенное заставляет, с одной стороны, сомневаться в правильности идентификации ряда изотопов трансурановых элементов, таких, как ^{246}Cf , ^{250}Fm , $^{254, 255, 256}\text{102}$, поскольку не учтен фон от продуктов, образующихся на примесях свинца. Во всяком случае при сопоставлении свинцового и калифорниевского спектров можно утверждать, что не только этим изотопам принадлежат указанные в спектре α -линии ^{/1/}. С другой стороны, возникают сомнения и в правильности измерения периодов полураспада для тех изотопов, которые действительно могут образовываться в ядерных реакциях $^{249}\text{Cf} + ^{12}\text{C}$, таких, как $^{258}\text{103}$ или $^{257}\text{104}$, так как для хорошо известных изотопов $^{209, 210}\text{Rn}$ и $^{211\text{m}}\text{Po}$ периоды полураспада определены неверно.

Создается впечатление, что "3 секунды" есть некоторая характерная величина, определяемая конструкцией и геометрией установки. Опыт показывает, что коэффициент сбора атомов отдачи даже в оптимальных условиях не достигает 100%. Как правило, примерно половина продуктов ядерных реакций не сорбируется на поверхности сборника, а уносится

потоком газа. Вероятность проникновения струи газа, имеющей звуковую скорость, в область детекторов велика, и замечание авторов /1/ относительно "неизвестного механизма передачи" продуктов реакций на поверхность детекторов, по-видимому, просто означает перенос этих продуктов газовым потоком к детекторам α -излучения.

Мы также провели опыт с неподвижным колесом-сборником. Несмотря на то, что наши детекторы находились сравнительно далеко от места входа газовой струи, мы наблюдали заметную α -активность практически того же самого спектра, как и при подвижном сборнике.

В экспериментах "мать-дочь", когда авторы /1/ регистрировали накопление $^{253}\text{102}$ на поверхности детекторов, тот же самый механизм "просачивания" газа мог привести к искажению распределения $^{253}\text{102}$ по четырем детекторам из-за проникновения прямого продукта ядерной реакции $^{249}\text{Cf} (^{12}\text{C}, \alpha 4n) ^{253}\text{102}$. Мы уже видели, что для долгоживущих изотопов радона, фермия и полония получено "эффективное" значение периода полураспада 3-5 сек. Поэтому говорить о периодах полураспада ^{257}Ku ($\approx 4,5$ сек) и ^{259}Ku (≈ 3 сек) кажется преждевременным без проведения ряда контрольных опытов.

Экспериментальные данные /1/ не исключают и возможности того, что времена жизни ^{257}Ku и ^{259}Ku короче, поскольку, по указанию авторов, на первом детекторе имеется большой избыток дочерних атомов $^{253}\text{102}$ и $^{255}\text{102}$. Этот избыток может быть обусловлен α -распадом короткоживущих изотопов курчатовия, в то время как экспонента 3-5 сек объясняется "просачиванием" первичных продуктов ядерных реакций типа $^{249}\text{Cf} (^{12}\text{C}, \alpha n) ^{102}$.

Естественно, нам трудно указать действительную причину ошибок в интерпретации некоторых экспериментальных данных, не зная специфики работы в Беркли. Детальный критический анализ и проверку своих результатов могут сделать только сами авторы.

В заключение авторы выражают свою искреннюю благодарность академику Г.Н. Флерову за постоянный интерес к работе, А.Г. Демину и Ю.В. Лобанову за полезные дискуссии, а также Л.П. Челнокову, А.С. Трофимову, Ю.П. Харитонову и В.И. Крашонкину за помощь в подготовке аппаратуры и проведении опытов.

Л и т е р а т у р а

1. A.Ghiorso, M.Nurmia, J.Harris, K.Eskola, P.Eskola. Phys. Rev. Lett., 22, 1316 (1969).
2. Г.Н. Флеров, С.М. Поликанов, А.С. Карамян и др. ДАН, 120, 73 (1958).
3. Г.Н. Флеров, С.М. Поликанов, А.С. Карамян и др. ЖЭТФ, 38, 82 (1960).
4. I.Pearlman, F.Asaro, A.Ghiorso, A.E.Larsh, R.Latimer. Phys. Rev., 127, 918 (1962).
5. Г.Н. Флеров. Атомная энергия, 24, 5 (1968).
6. Е.Д. Донец, В.А. Друин, В.Л. Михеев. Атомная энергия, 25, 87 (1968).
7. В.А. Друин. Препринт ОИЯИ, Р7-4755, Дубна, 1968.
8. Г.Н. Флеров, Ю.Ц. Оганесян, Ю.В. Лобанов и др. Атомная энергия, 17, 310 (1964).
9. И. Звара, Ю.Т. Чубурков, Р. Цалетка, М.Р. Шалаевский. Препринт ОИЯИ, Р7-3783, Дубна, 1968.
10. R.Macfarlane, R.Griffioen. Nucl.Instr. and Methods, 24, 461 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел
4 ноября 1969 года.

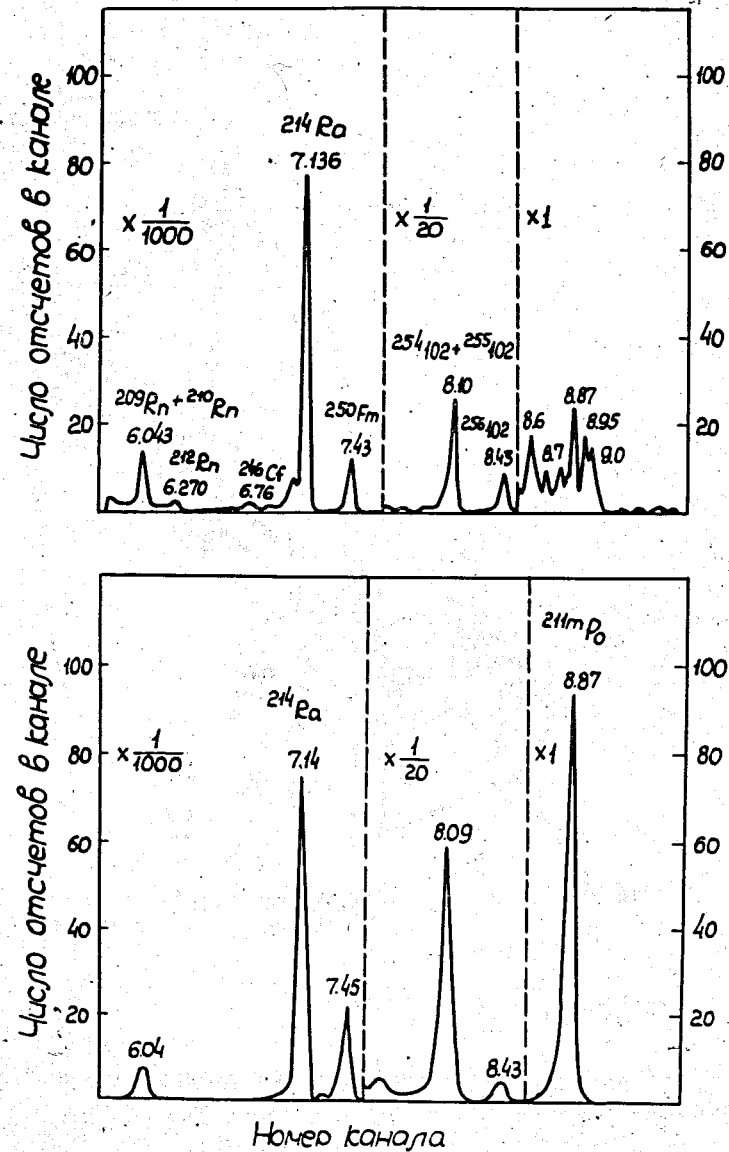


Рис.1. Альфа-спектры, полученные при облучении ^{249}Cf (верхний спектр) и естественного Pb (нижний спектр) ионами ^{12}C энергией 71 Мэв.

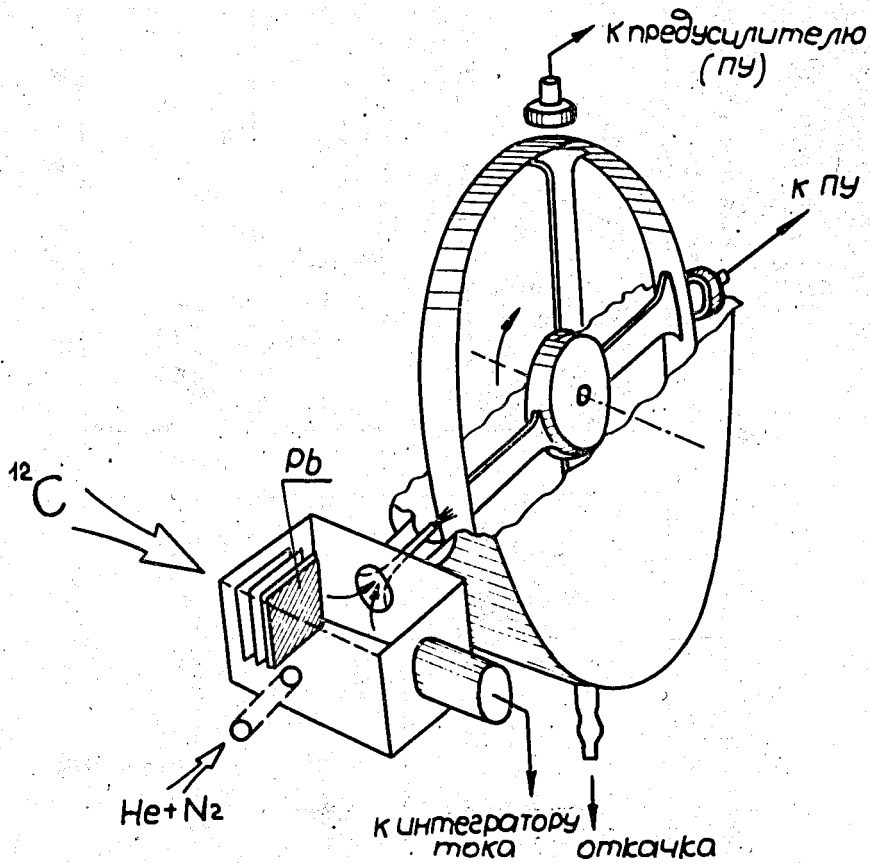


Рис.2. Схема экспериментальной установки для изучения продуктов ядерной реакции $Pb + ^{12}C$.