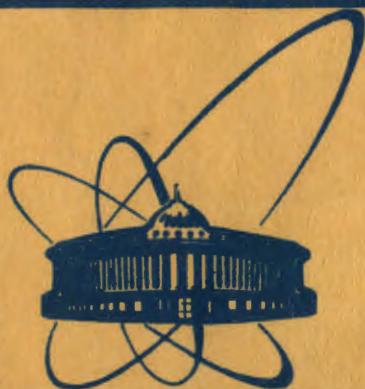


e +



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

2510/83

10/5-83

P7-83-91

Г.В.Букланов, А.Г.Демин, Л.А.Рубинская,
Р.Н.Сагайдак, В.К.Утенков, И.В.Широковский

КОРОТКОЖИВУЩИЕ

**СПОНТАННО ДЕЛЯЩИЕСЯ АКТИВНОСТИ,
ОБРАЗУЮЩИЕСЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ
ИОНОВ $^{20,22}\text{Ne}$ С ^{249}Bk И ^{249}Cf**

1983

1. ВВЕДЕНИЕ

В предыдущей нашей работе ^{1/} исследовалось образование тяжелых актинидов в реакциях многонуклонных передач, вызываемых ионами ¹⁵N, ¹⁸O, ²²Ne на мишенях ²⁴⁹Bk и ²⁴⁹Cf, были измерены энергетические зависимости сечений образования долгоживущих продуктов ²⁴⁶Cf, ^{251,253}Es, ²⁵⁰⁻²⁵⁴Fm и ²⁵⁶Md. Было показано, что некоторые нуклиды могут образовываться с относительно высокими для трансурановых элементов сечениями и что сечение образования того или иного продукта, особенно вблизи барьера реакции, в значительной степени связано с энергетическими возможностями реакции.

В настоящей работе изложены результаты исследований образования короткоживущих спонтанно делящихся продуктов при взаимодействии ионов ^{20,22}Ne с ядрами мишеней ²⁴⁹Bk и ²⁴⁹Cf. Основной целью этой работы был поиск спонтанного деления тяжелого изотопа 107 элемента - ²⁶⁷107. Анализ, проведенный в ранних опытах ^{2/}, позволял предполагать, что обнаруженная в реакции ²⁴⁹Bk + ²²Ne спонтанно делящаяся активность с $T_{1/2} = 1-2$ с могла быть связана с искомым нуклидом. Вместе с тем в последующих экспериментах по исследованию образования короткоживущих спонтанно делящихся продуктов реакций ионов ¹³C, ¹⁵N и ^{16,18}O с ядрами мишеней ²⁴⁸Cm, ²⁴⁹Bk и ²⁴⁹Cf наблюдалось несколько короткоживущих активностей, идентифицировать которые не удалось ^{3/}. В их числе была активность с периодом полураспада 1,5 с, обнаруженная в реакции ²⁴⁸Cm + ¹⁸O. Было показано ^{4/}, что по характеристикам деления этот продукт близок к ²⁵⁹Fm. Однако дальнейшие исследования ^{27/} поставили под сомнение возможность образования ²⁵⁹Fm в реакции ²⁴⁸Cm + ¹⁸O.

В настоящей работе были обнаружены SF-активности с $T_{1/2} = 1-3$ с в реакциях ²⁴⁹Bk, Cf + ^{20,22}Ne, измерены выходы этих активностей и их зависимость от степени коллимации ядер отдачи. Проанализированы различные возможные источники этих активностей с учетом ранее полученных данных об образовании долгоживущих тяжелых актинидов в реакциях многонуклонных передач ^{1,5,26/}.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

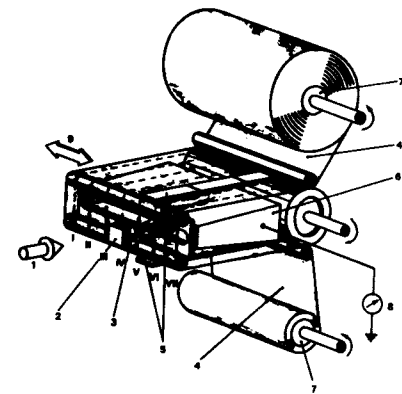
Облучения ²⁴⁹Bk и ²⁴⁹Cf проводились на выведенном пучке циклотрона У-3Ю Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ с токами ≈ 1 мкА. Использовались мишени диаметром 10 мм и толщиной слоя

вещества $0,5 \text{ мг/см}^2$ и $0,7 \text{ мг/см}^2$ для ^{249}Bk и ^{249}Cf соответственно. Методика изготовления мишеней, измерения и выбора энергии налетающих ионов описана ранее ^{/1/}. Энергия ионов на половине слоя вещества мишени составляла 119 МэВ в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$, 127 МэВ в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$ и 125 МэВ в реакции $^{249}\text{Cf} + ^{22}\text{Ne}$.

Одна из проблем, возникающих при регистрации спонтанного деления короткоживущих изотопов трансформируемых элементов, получаемых при облучении трансмерициевых мишеней различными ионами, - наличие фона от долгоживущих продуктов реакций многонуклонных передач ^{/6-8/}. Основным источником такого фона является ^{256}Fm , образующийся непосредственно в реакциях и в качестве дочернего продукта - ^{256}Md . Как показали предыдущие исследования ^{/1/}, сечения образования ^{256}Md в максимуме функций возбуждения колеблются от десятых долей микробарна до десятка микробарн, в зависимости от комбинации мишень-налетающий ион, а сам максимум находится вблизи кулоновского барьера реакции. Обычно этот фон подавляют, "размазывая" спонтанно делящийся ^{256}Fm по большой площади непрерывно движущегося сборника ядер отдачи. При этом в качестве сборника используют металлическую ленту длиной от 300-500 м ^{/2,6-8/} до 2000 м ^{/3/}. Однако в тех случаях, когда сечение образования ^{256}Md достигает 10 мкб, а сечения искоемых продуктов лежат в области нанобарн и ниже, как в случае реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$, этого оказывается недостаточно. Так, для того чтобы проявилась активность с $T_{1/2} = 1,5 \pm 2 \text{ с}$ в указанной выше реакции, понадобилась дополнительная коллимация ядер отдачи ^{/2/}, вылетающих из мишени. Предел обнаружения по сечению короткоживущих активностей в опытах без коллиматора составлял несколько нанобарн. По расчетам, используя бесконечную ленту-сборник, можно в тех же условиях достичь предельной чувствительности $\sim 10^{-35} \text{ см}^2$.

В связи с этим была создана установка с длиной рабочей части ленты до 30 км, в которой в качестве сборника ядер отдачи используется полимерная пленка шириной 150 мм, толщиной 5-10 мкм и длиной до 4,5 км. Схематически установка изображена на рис.1. Ядра отдачи, выбитые из мишени ^{/3/} пучком ионов ^{/1/} и собранные лавсановой лентой-сборником ^{/4/}, непрерывно переносятся к диэлектрическим трековым детекторам осколков деления ^{/5/}, расположенным вдоль ленты. При полном сматывании ленты ^{/4/}, движущейся с заданной скоростью, соответствующей определенному временному интервалу регистрации, с одной из бобин ^{/7/}, пучок ионов прерывается, лента останавливается и передвигается в сторону от пучка /перпендикулярно его направлению/ на шаг, равный двум диаметрам мишени ^{/20 мм/}. Далее включается движение ленты в обратном направлении и сбор ядер отдачи происходит на чистую "дорожку", свободную от накопившегося долгоживущего спонтанно делящегося ^{256}Fm . Таким образом, имея ленту длиной 2 км и шириной 150 мм ^{/7/} "дорожек", можно было "размазать" долгоживущий фон на длине 14 км. Мишень находилась на расстоянии 2 мм от ленты, а в опытах с коллимацией ядер отдачи /см. ниже/ на этом же расстоянии располагал-

Рис.1. Схема установки: 1 - пучок ионов; 2 - поглотители; 3 - мишень; 4 - полимерная лента - сборник ядер отдачи; 5 - диэлектрические детекторы осколков деления; 6 - цилиндр Фарадея; 7 - бобина с лентой; 8 - интегратор тока; 9 - направление перемещения ленты-сборника. Римские цифры I-VII - "дорожки" для сбора ядер отдачи.



ся коллиматор ядер отдачи с максимальным диаметром 15 мм, таким образом, в случае любого углового распределения "перекрытие" дорожек исключалось. Скорость ленты могла варьироваться в диапазоне от 1 м/с до 5 см/с, причем последняя величина определялась стойкостью ленты к воздействию интенсивного пучка ионов. Это обеспечивало эффективную регистрацию спонтанно делящихся активностей с временами жизни от десятков миллисекунд до нескольких секунд.

Так как довольно узкий временной диапазон регистрации активности не позволял наблюдать постоянной составляющей долгоживущего фона, важно было оценить вклад долгоживущей компоненты в наблюдаемые кривые распада. На рис.2 показано изменение со временем накопленной за время облучения $t \approx D$ мишени / V ленты спонтанно делящейся активности ^{256}Fm , образующегося в реакциях непосредственно и через ^{256}Md . Вычисления проведены для реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$ с сечениями образования ^{256}Md и ^{256}Fm , соответствующими энергии ионов 119 МэВ, полученными ранее ^{/1/}, для двух скоростей ленты: 10 и 40 см/с. Из рисунка видно, что в том случае, когда для сбора ядер отдачи используется "чистая" или действительно бесконечная лента-сборник, основной вклад в постоянный фон может дать только активность ^{256}Fm , образующегося непосредственно в реакциях. В то же время, когда используется относительно короткая лента - длиной 500-1000 м, основной вклад в долгоживущий фон при движении ее через несколько часов в обратном направлении будет давать активность накопившегося из ^{256}Md дочернего ^{256}Fm . В нашем случае в облучениях при скорости ленты 10 см/с, как правило, одной бобины было достаточно, а при скорости 40 см/с, когда все 7 дорожек были однократно использованы, бобина с лентой заменялась на новую.

Поток ионов, прошедших через мишень, мониторировался цилиндром Фарадея ^{/6/}, расположенным за лентой ^{/4/} и подсоединенным к интегратору тока ^{/8/}. Интегральный поток ионов, прошедших через

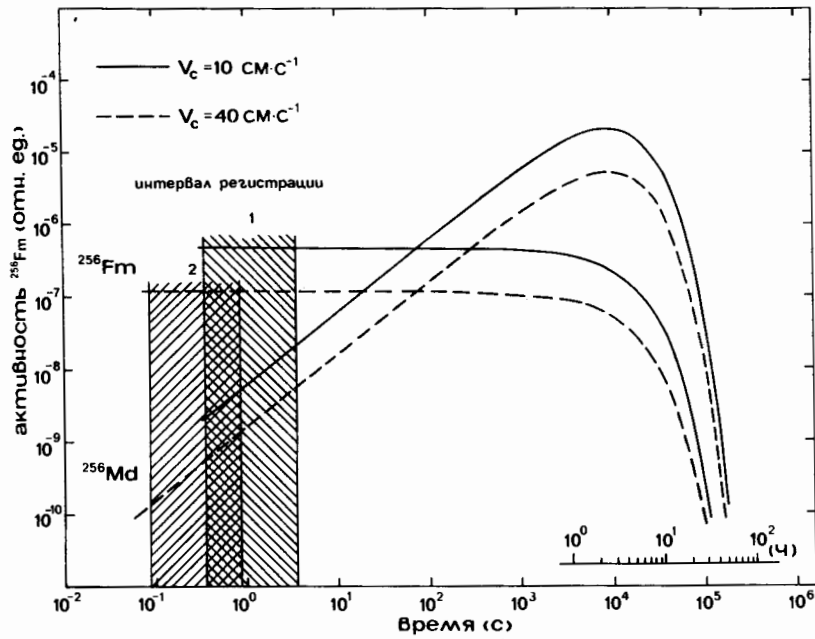


Рис.2. Расчетное изменение накопленной спонтанно делящейся активности ^{256}Fm со временем. Цифрами 1 и 2 и соответствующей штриховкой показаны интервалы регистрации для скорости движения ленты 10 и 40 см.с⁻¹ соответственно.

мишень, определялся также активационным способом. Измерялись наведенные γ -активности $^{24}\text{Na} / T_{1/2} = 15 \text{ ч/}$, $^{28}\text{Mg} / T_{1/2} = 21 \text{ ч/}$ и $^{44\text{m}}\text{Sc} / T_{1/2} = 2,4 \text{ дн./}$, образующихся в алюминиевых фольгах-поглотителях /2/, расположенных перед мишенью. Определенные в данной работе величины абсолютных сечений образования наблюдаемых активностей имели абсолютную погрешность, оцениваемую фактором 2.

Для полной проверки нашей методики, учитывая повреждение ленты под пучком, мы провели облучение ^{235}U ионами ^{22}Ne , чтобы измерить функцию возбуждения реакции $^{235}\text{U} (^{22}\text{Ne}, 5n)$, дающей хорошо известный нуклид $^{252}\text{102} / T_{1/2} = 2,3 \pm 0,2 \text{ с, } 27\% \text{ SF/}$. Результаты этих измерений для полученной нами SF-активности с $T_{1/2} = 2,2^{+0,6}_{-0,3} \text{ с}$ показаны на рис.3 вместе с известными данными /9/.

На рис.4 приведены некоторые кривые распада, полученные в отдельных облучениях ^{249}Bk , ^{249}Cf ионами $^{20,22}\text{Ne}$. Обработка кривых распада проводилась методом максимального правдоподобия для уровня надежности 63% /10/. Сечения образования наблюдаемых активностей

Рис.3. Результаты измерения функции возбуждения реакции $^{235}\text{U} (^{22}\text{Ne}, 5n) ^{252}\text{102}$; ϕ - данные настоящей работы /указаны только статистические ошибки/; \bullet - результаты работы /9/.

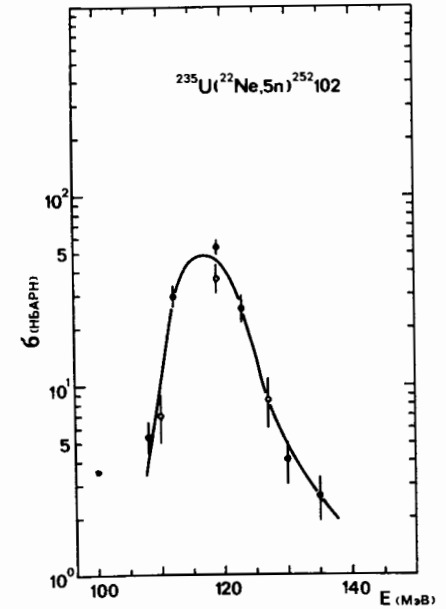
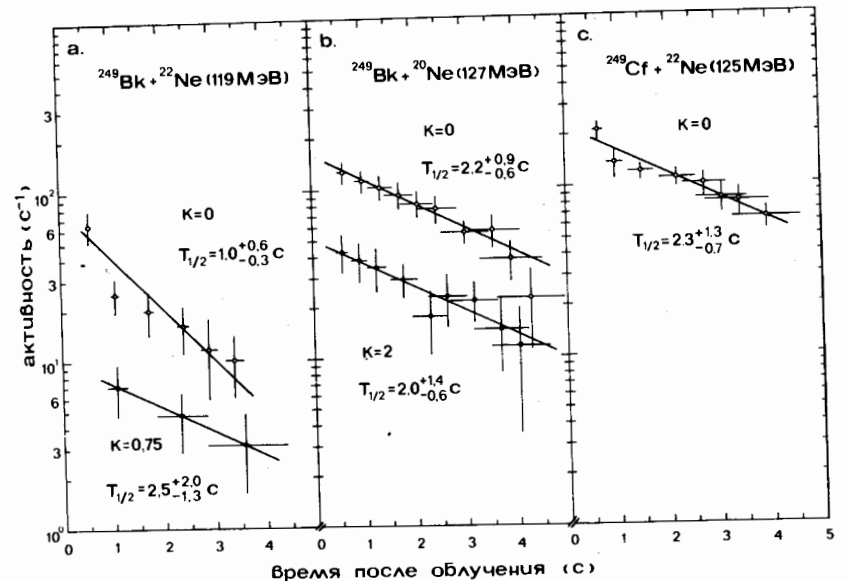


Рис.4. Кривые распада короткоживущих спонтанно делящихся активностей, полученных в реакциях: а/ $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$: \circ - без коллимации ядер отдачи ($K=0$), \bullet - с коллимацией ($K=0,75$). б/ $^{249}\text{Bk} + ^{20}\text{Ne}$: \circ - без коллимации ($K=0$), \bullet - с коллимацией ($K=2$). в/ $^{249}\text{Cf} + ^{22}\text{Ne}$: \circ - без коллимации ($K=0$). Показаны результаты однокомпонентного анализа кривых распада методом максимального правдоподобия /10/.



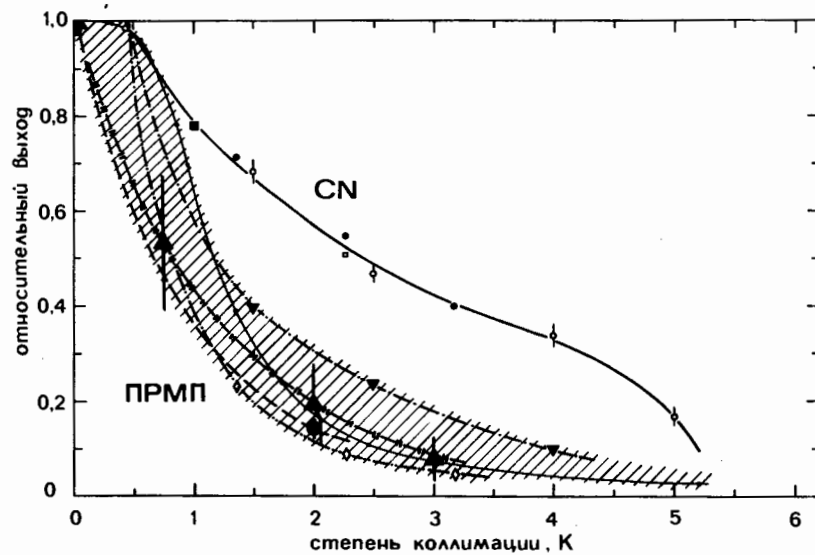


Рис.5. Изменение относительного выхода короткоживущих спонтанно делящихся активностей, наблюдаемых в настоящей работе, в зависимости от степени коллимации ядер отдачи: — ■ — — изменение выхода в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$, — ● — — — в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{20}\text{Ne}$. Показано изменение выходов ПРМП и CN, определенное ранее ^{17-19/}. Тонкая линия с точками — "проинтегрированное" дифференциальное угловое распределение ^{256}Md , образующегося в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$ ^{16/} для точечной мишени.

составляли для реакций $^{249}\text{Bk} + ^{20}\text{Ne}$ — 26 нб, $^{249}\text{Cf} + ^{22}\text{Ne}$ — 14 нб и $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$ — 5 нб. Эти величины значительно больше того, что можно ожидать для продуктов реакций полного слияния. Возможными источниками этих активностей могли бы быть продукты реакций ($^{20,22}\text{Ne}, \alpha\text{xn}$). Известно, что сечения таких реакций могут более чем на порядок величины превышать соответствующие (HI, xn) ^{11-13/}. Чтобы проверить эту возможность, были проведены опыты с коллимацией ядер отдачи. Для этого на некотором расстоянии от мишени L устанавливался коллиматор диаметром $d \geq D_{\text{мишени}}$, "вырезавший" определенный телесный угол для ядер отдачи или, другими словами, определявший степень коллимации $K = L/d$. Как известно, дифференциальные угловые распределения для продуктов реакций (HI, xn) и ($\text{HI}, \alpha\text{xn}$) вблизи барьера незначительно отличаются друг от друга ^{13/} и имеют максимум около 0° . Продукты различных реакций многонуклонных передач имеют различные угловые распределения, но с максимумами, как правило, достаточно смещенными от 0° ^{14,15/}. Таким образом, используя коллимацию ядер отдачи, можно довольно

простым способом определить принадлежность наблюдаемой активности к тому или иному типу реакций. Наблюдаемые сечения образования активностей в опытах с различной коллимацией позволили проследить изменения относительного выхода активностей в зависимости от K. На рис.5 эти зависимости показаны для наблюдаемых SF-активностей с $T_{1/2} \approx 1-3$ с, полученных в реакциях $^{249}\text{Bk} + ^{20,22}\text{Ne}$. Для ^{256}Md , образующегося в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$, зависимость была получена путем интегрирования дифференциального углового распределения для точечной мишени ^{16/}. Для исследованных ранее подобных реакций ^{17-19/} даны относительные выходы соответствующих продуктов реакций многонуклонных передач /ПРМП/ и реакций полного слияния (CN), приведенные к $K = 0,5$.

3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Можно указать несколько продуктов, которые могут давать вклады в наблюдаемые выходы SF-активностей с $T_{1/2} = 1-3$ с. В таблице приведены все известные SF-излучатели с временами жизни от 1 до 3 с ^{20/}. Вкладами некоторых из них с $Z = 105, 106$ можно, по-видимому, пренебречь, имея в виду следующее:

1. Для реакции $^{249}\text{Cf} + ^{22}\text{Ne}$ источниками обнаруженной SF-активности не могут быть продукты реакций ($^{22}\text{Ne}, 4\text{n}$), ($^{22}\text{Ne}, \alpha 4\text{n}$), ($^{22}\text{Ne}, \text{p}3\text{n}$), так как сечение указанной реакции полного слияния лежит в области сотых долей нанобарн ^{21/}, сечение реакции с вылетом протона по меньшей мере еще в 10 раз ниже ^{22/}, а сечения реакций с вылетом α -частиц, хотя и превосходят аналогичные для реакций полного слияния в 10-15 раз ^{11,12/}, недостаточны, чтобы объяснить эту активность тяжелыми нечетными изотопами 106 элемента.

2. Для реакции $^{249}\text{Bk} + ^{20}\text{Ne}$ по тем же соображениям могут быть исключены изотопы 105-107 элементов. Дополнительным аргументом для этого может быть также резкое уменьшение выхода SF-активности при коллимации ядер отдачи /см. рис.5/.

3. Для реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$, в которой был получен наименьший выход активности с $T_{1/2} = 1-3$ с, легкие изотопы 105 элемента, $^{258-261}\text{105}$, которые могли быть образованы в реакциях $^{249}\text{Bk} [^{22}\text{Ne}, \alpha(9-6)\text{n}]$, исключаются как возможные источники наблюдаемой активности, так как энергия ионов ^{22}Ne недостаточна для их образования. Можно было бы отнести эту активность к одному из тяжелых неизвестных изотопов 105 элемента, $^{265-263}\text{105}$, которые могут образовываться в реакциях $^{249}\text{Bk} [^{22}\text{Ne}, \alpha(2-4)\text{n}]$, однако эксперименты с коллимацией ядер отдачи /см. рис.5/, по-видимому, исключают эту возможность.

Что касается других возможных источников секундных активностей: изотопов Fm, 102 и 104 элементов, то их образование в принципе возможно в реакциях многонуклонных передач, вызываемых ионами $^{20,22}\text{Ne}$ на ^{249}Bk и ^{249}Cf . Как было показано ранее ^{1/}, образование того или иного нуклида вблизи кулоновского барьера

Таблица

Спонтанно делящиеся нуклиды с временами жизни 1-3 с

| Нуклид | Период полу-распада /с/ | "Ветвь на спонтанное деление" /%/ | Ссылка |
|---------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|--------|
| ^{246}Fm | 1,2 \pm 0,2 | 8 \pm 3 | 20 |
| $^{250\text{m}}\text{Fm}$ | 1,8 \pm 0,1 | \leq 20 | 20, 25 |
| ^{259}Fm | 1,5 \pm 0,2 | 100 | 20 |
| $^{252}_{102}$ | 2,3 \pm 0,2 | 27 \pm 2 | 20 |
| $^{256}_{102}$ | 3,2 \pm 0,2 | 0,3 | 20 |
| $^{255}_{104}$ | 1,4 \pm ^{+0,6} _{-0,3} | | 23 |
| $^{259}_{104}$ | 3,2 \pm 0,8 | 7 | 20 |
| | 3,0 \pm 1,3 | 6,3 \pm 3,7 | 24 |
| $^{258}_{105}$ | 3,9 \pm ^{+1,6} _{-0,9} | | 23 |
| $^{260}_{105}$ | 1,5 \pm 0,13 | 9,0 \pm 0,0 | 20 |
| $^{261}_{105}$ | 1,8 \pm 0,6 | 26 | 9, 20 |
| $^{263}_{106}$ | 0,6 \pm ^{+0,3} _{-0,2} | 70 | 8 |

коррелирует с величиной Q_{eff} реакции образования продукта в "основном состоянии". Так, большая положительная величина $Q_{\text{eff}} = Q_{\text{gg}} + \Delta V_c - \delta(n) - \delta(p)$ реакции, где Q_{gg} - массовый баланс реакции, ΔV_c - разность кулоновских барьеров во входном и выходном каналах реакции, $\delta(n)$ и $\delta(p)$ - поправки на неспаренность нейтронов и протонов при их передаче из ядра-донора в ядро-акцептор, связана, как правило, с относительно большими наблюдаемыми сечениями образования продукта. Большая отрицательная величина Q_{eff} энергетически запрещает образование данного продукта в соответствующем канале реакции и связана, как правило, с низкими сечениями его образования. Имеет место примерно экспоненциальная зависимость сечений образования изотопов данного элемента от величины Q_{eff} реакции. Эти корреляции нарушаются с увеличением числа передаваемых нуклонов /протонов/, что выражается в смещении изотопных распределений $\sigma(A)$ относительно распределений

$Q_{\text{eff}}(A)$ в сторону нейтронного дефицита. Это связывалось с ростом энергии возбуждения промежуточной системы /тяжелого фрагмента/ по мере увеличения числа передаваемых нуклонов и с соответствующим увеличением количества нейтронов, испаряющихся в процессе девозбуждения.

На рис.6, в нижней его части, приведены величины Q_{eff} , вычисленные для различных продуктов, образующихся в "основном состоянии" и соответствующих передаче одного и того же количества протонов на ядро мишени $\Delta Z = 2, 3, 4$ и минимального числа нейтронов в реакциях $^{248}\text{Cm} + ^{22}\text{Ne}$ и $^{249}\text{Bk}, \text{Cf} + ^{22}\text{Ne}$. В верхней части рисунка - экспериментально измеренные сечения образования долгоживущих актинидов от Cf до Md, полученных в реакциях $^{248}\text{Cm} + ^{22}\text{Ne}/5/$, $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}/26/$ и $^{249}\text{Bk}, \text{Cf} + ^{22}\text{Ne}/1/$. Чтобы уравнивать минимальные количества переданных нейтронов в реакциях с различными A ядрами мишени, по оси абсцисс отложена величина $A_{\text{продукта}} - A_{\text{мишени}}$. Символами на рисунке указаны возможные варианты идентификации наблюдаемых в настоящей работе короткоживущих спонтанно делящихся активностей. Такое рассмотрение позволяет отклонить ряд представленных вариантов.

Так, для реакции $^{249}\text{Cf} + ^{22}\text{Ne}$ изотопы $^{246, 259}\text{Fm}$ не могут, по видимому, давать основного вклада в наблюдаемую активность, так как сечение ее образования на один-три порядка превосходит экстраполированные для данных нуклидов значения. По тем же соображениям исключается и неизвестный ^{260}Md , который рассматривался как возможный источник SF-активности с $T_{1/2} = 1,5$ с, образующейся в реакции $^{248}\text{Cm} + ^{18}\text{O}$. В то же время из такого рассмотрения следует, что изотопы $^{252, 256}_{102}$ являются наиболее подходящими источниками наблюдаемой SF-активности с $T_{1/2} = 2$ с, образующейся в реакции $^{249}\text{Cf} + ^{22}\text{Ne}$. Можно связать эту активность и с изомером $^{250\text{m}}\text{Fm}$, сечение образования которого в основном состоянии измерено ранее ^{/1/}. В этом случае, используя изомерное отношение, полученное для образования этого нуклида в реакции $^{249}\text{Cf} + ^{12}\text{C}/25/$, можно определить "ветвь на спонтанное деление" для него, которая составит величину $\sim 10^{-4}$. Однако дальнейшее рассмотрение "гипотезы спонтанного деления $^{250\text{m}}\text{Fm}$ " в реакциях $^{249}\text{Bk} + ^{20, 22}\text{Ne}$ показывает, что получаемые сечения образования этого нуклида в основном состоянии, $^{250\text{m}}\text{Fm}$, на несколько порядков превосходят экстраполированные величины.

По тем же соображениям, что были рассмотрены ранее для реакции $^{249}\text{Cf} + ^{22}\text{Ne}$, по-видимому, можно исключить изотопы $^{246, 259}\text{Fm}$ как источники основного вклада в наблюдаемую SF-активность с $T_{1/2} = 1 \pm 2$ с в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$. Другими возможными кандидатами, которые могли бы дать основной вклад в эту активность, являются неизвестные нуклиды ^{257}Es и ^{260}Md , приемлемые в таком рассмотрении, как это показано на рис.6.

Рассмотрение источников короткоживущей SF-активности, образующейся в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{20}\text{Ne}$, затруднено, так как отсутствуют данные по выходам долгоживущих продуктов в этой реакции. Однако из

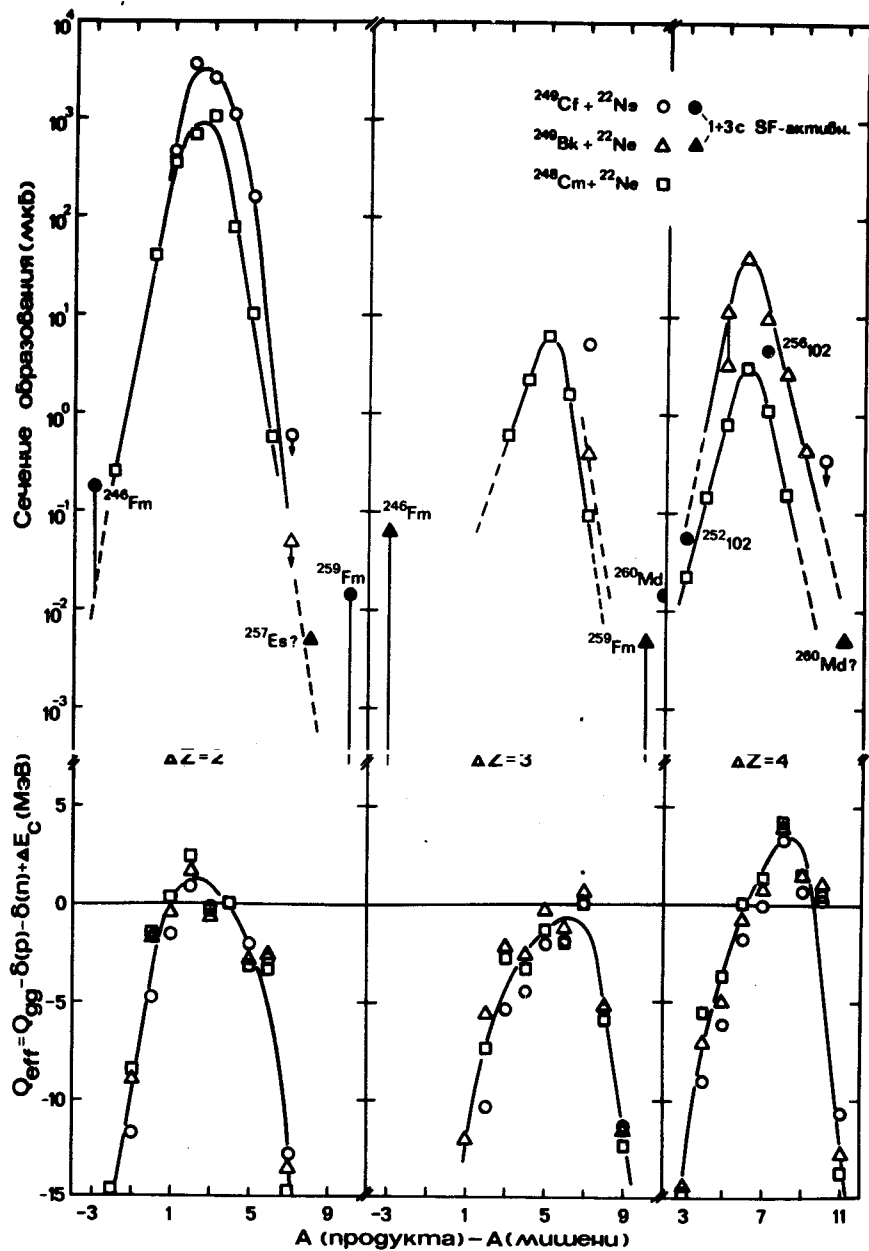


Рис.6. Вычисленные значения Q_{eff} /нижняя часть рисунка/ и экспериментально измеренные сечения образования долгоживущих актинилов /верхняя часть/.

аналогичных данных^{/5/} по выходам долгоживущих актинилов в реакциях $^{248}\text{Cm} + ^{20,22}\text{Ne}$ следует, что максимумы изотопных распределений смещены друг относительно друга на 2 массовые единицы, причем сечения образования нейтроноизбыточных изотопов Es, Fm / $\Delta Z = 3, 4$ / в реакциях с ионами ^{22}Ne в 5-10 раз превосходят аналогичные с ионами ^{20}Ne . В то же время сечения образования нейтронодефицитных изотопов этих же элементов отличаются по крайней мере на два порядка в обратную сторону. Отношение измеренного нами сечения образования ^{256}Md /нейтроноизбыточный продукт/ в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{20}\text{Ne}$ к ранее полученному в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$ ^{/1/} согласуется с результатами по выходам ^{255}Fm , полученными в реакциях $^{248}\text{Cm} + ^{20,22}\text{Ne}$. Это позволяет исключить из рассмотрения ^{259}Fm как источник SF-активности с $T_{1/2} \sim 2$ с, образующейся в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{20}\text{Ne}$. Соотношение выходов короткоживущих активностей в реакциях ^{249}Bk с ионами ^{20}Ne и ^{22}Ne не позволяет однозначно отнести эту активность также к ^{246}Fm . В то же время нельзя исключить, что эта активность в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{20}\text{Ne}$ может быть связана с 252102 .

4. ВЫВОДЫ

1. При облучении ^{249}Bk и ^{249}Cf ионами $^{20,22}\text{Ne}$ обнаружены спонтанно делящиеся активности с $T_{1/2} \sim 1-3$ с, имеющие относительно большие сечения образования / $\sim 10^{-32}$ см²/ . Показано, что эти активности являются продуктами реакций многонуклонных передач с $Z \leq 102$.

2. Анализ источников наблюдаемых активностей путем сравнения с изотопными распределениями долгоживущих тяжелых актинилов, полученными ранее в аналогичных работах^{/1,5,26/}, позволяет указать в качестве наиболее вероятных нуклиды 252102 и 256102 в реакции $^{249}\text{Cf} + ^{22}\text{Ne}$, 252102 и ^{246}Fm в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{20}\text{Ne}$ и неизвестные ^{257}Es и ^{260}Md в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$.

3. Измерения выходов долгоживущих актинилов^{/1,5,26/}, а также проведенный здесь качественный анализ вероятных источников наблюдаемых SF-активностей с $T_{1/2} = 1-3$ с показывает, что в реакциях многонуклонных передач на ядрах актинидных мишеней возможно образование нуклидов в широком диапазоне массовых чисел. Дальнейшие эксперименты, по-видимому, позволят сократить круг кандидатов и идентифицировать эти активности.

Представляется возможным использование описанной методики в этих экспериментах и в аналогичных по поиску новых спонтанно делящихся активностей.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить глубокую признательность академику Г.Н.Флерову за постоянный интерес и внимание к работе. Мы благодарны также профессору

Ю.Ц.Оганесяну за постановку задачи и полезные замечания,
С.П.Третьяковой - за обеспечение обработки трековых детекторов,
А.В.Еремину, И.В.Кузнецову, В.М.Плотко, В.Л.Смирнову за помощь
в проведении экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сагайдак Р.Н. и др. ОИЯИ, Р7-82-890, Дубна, 1982.
2. Букланов Г.В. и др. ОИЯИ, Р7-12762, Дубна, 1979.
3. Nitschke J.M. В кн.: Международный симпозиум по синтезу и свойствам новых элементов. ОИЯИ, Д7-80-556, Дубна, 1980, с.28; LBL-11712, Berkeley, 1980.
4. Hoffman D.C. et al. Phys.Rev., 1981, C24, p.495.
5. Lee D. et al. Phys.Rev., 1982, C25, p.286.
6. Друин В.А. и др. ЯФ, 1976, 24, с.254.
7. Друин В.А. и др. АЭ, 1977, 43, с.55.
8. Друин В.А. и др. ЯФ, 1977, 29, с.1149.
9. Оганесян Ю.Ц. и др. АЭ, 1970, 29, с.243.
10. Zlokazov V.B. Nucl.Instr. and Meth., 1978, 151, p.303.
11. Донец Е.Д. и др. АЭ, 1964, 16, с.195.
12. Silva R.J. et al. Nucl.Phys., 1973, A216, p.97.
13. Hahn R. et al. Phys.Rev., 1974, C10, p.1889.
14. Gardes D. et al. Phys.Rev., 1980, C21, p.2447.
15. Vimbot R. et al. Nucl.Phys., 1975, A248, p.377.
16. Демин А.Г. и др. ОИЯИ, Д7-80-556, Дубна, 1980, с.74.
17. Друин В.А. и др. ОИЯИ, Р7-4681, Дубна, 1969.
18. Оганесян Ю.Ц. и др. АЭ, 1970, 28, с.393.
19. Флеров Г.Н. и др. ОИЯИ, Р7-4932, Дубна, 1970.
20. Lederer C.M. et al. Table of Isotopes, 7th. J.Wiley and Sons, Inc., N.Y., 1978.
21. Ильинов А.С. и др. ОИЯИ, Р7-81-549, Дубна, 1981.
22. Друин В.А. ОИЯИ, Р-874, Дубна, 1962.
23. Münzenberg G. et al. In: Proc. of the Actinides-1981 Conf., Pacific Grove, California, USA, 1981. Pergamon Press, 1982, p.223.
24. Bemis C.A. et al. Phys.Rev., 1981, C23, p.555.
25. Ghiorso A. et al. Phys.Rev., 1973, C7, p.2032.
26. Huissonnas M. et al. IPNO-RC-83, Orsay, 1983.
27. Somerville L.P. LBL-14050, Berkeley, 1982.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 февраля 1983 года.

Букланов Г.В. и др. P7-83-91
Короткоживущие спонтанно делящиеся активности,
образующиеся при взаимодействии ионов $^{20,22}\text{Ne}$ с ^{249}Bk и ^{249}Cf

Исследовано образование спонтанно делящихся активностей при взаимодействии ионов $^{20,22}\text{Ne}$ с ядрами мишеней ^{249}Bk и ^{249}Cf . Дано описание установки, позволяющей регистрировать SF-излучатели с временами жизни от десятков миллисекунд до нескольких секунд при эффективном подавлении долгоживущего фона от продуктов реакций многонуклонных передач. При облучении ^{249}Bk и ^{249}Cf ионами $^{20,22}\text{Ne}$ обнаружены спонтанно делящиеся активности с $T_{1/2} \sim 1-3$ с, имеющие относительно большие сечения образования $\sim 10^{-32}\text{см}^2$. Проведен анализ источников наблюдаемых активностей, позволивший указать в качестве наиболее вероятных нуклиды $^{252}\text{102}$ и $^{256}\text{102}$ в реакции $^{249}\text{Cf} + ^{22}\text{Ne}$, $^{252}\text{102}$ и ^{246}Fm в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{20}\text{Ne}$ и неизвестные ^{257}Es и ^{260}Md в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$. Показано, что в реакциях многонуклонных передач на ядрах актинидных мишеней возможно образование нуклидов в широком диапазоне массовых чисел.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Buklanov G.V. et al. P7-83-91
Short-Lived Spontaneously Fissioning Activities
Produced at the $^{20,22}\text{Ne}$ Ion Interaction with ^{249}Bk and ^{249}Cf Target Nuclei

The production of spontaneously fissioning activities in the interaction of $^{20,22}\text{Ne}$ ions with ^{249}Bk and ^{249}Cf target nuclei was investigated. The described technique allows one to detect s.f. products with the lifetimes from tens of milliseconds up to several seconds and effective suppression of the long-lived background from the products of the multinucleon transfer reactions. Spontaneous fission activities with $T_{1/2} \sim 1-3$ s and rather large production cross sections ($\sim 10^{-32}\text{см}^2$) are found to originate from the irradiation of ^{249}Bk , ^{249}Cf targets with $^{20,22}\text{Ne}$ ions. The analysis of their sources makes it possible to point out $^{252}\text{102}$ and $^{256}\text{102}$ nuclides as the most probable in $^{249}\text{Cf} + ^{22}\text{Ne}$ reaction, $^{252}\text{102}$ and ^{246}Fm in $^{249}\text{Bk} + ^{20}\text{Ne}$ reaction and unknown ^{257}Es and ^{260}Md in $^{249}\text{Bk} + ^{22}\text{Ne}$ reaction. It is shown that in the multinucleon transfer reactions on actinide target nuclei nuclides in a wide range of mass numbers may be produced.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.