

Д-763

749/2-77

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



28/9-77

P7 - 10359

В.А. Друин

АНАЛИЗ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДУБНЫ И БЕРКЛИ
ПО СИНТЕЗУ КУРЧАТОВИЯ
В ЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ $^{249}\text{Bk} (^{15}\text{N}, 4n)^{260}\text{Ku}$

1977

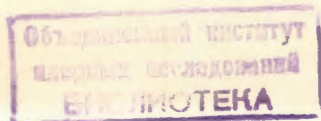
P7 - 10359

В.А. Друин

АНАЛИЗ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДУБНЫ И БЕРКЛИ
ПО СИНТЕЗУ КУРЧАТОВИЯ
В ЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ $^{249}\text{Bk} (^{15}\text{N}, 4\text{n}) ^{260}\text{Ku}$

*Доклад, представленный на Совещание по синтезу
и поиску трансурановых элементов, Дубна,
9 - 13 декабря 1976 года*



Друин В.А.

P7 - 10359

Анализ экспериментальных данных Дубны и Беркли по синтезу курчатовия в ядерной реакции $^{249}\text{Bk}(^{15}\text{N},4n)^{260}\text{Ku}$

В ядерной реакции $^{249}\text{Bk}(^{15}\text{N},4n)^{260}\text{Ku}$ синтезирован изотоп курчатовия (элемента 104), испытывающий спонтанное деление с $T_{1/2} = 90 \pm 20$ мс, что находится в хорошем согласии с данными прежних работ ОИЯИ.

Анализируются отрицательные результаты работ берклиевской группы (США) по поиску спонтанного деления ^{260}Ku и указываются источники ошибок.

Препринт Объединенного института ядерных исследований
Дубна 1977

P7 - 10359

Druin V.A.

Analysis of Experimental Data Obtained at
Dubna and Berkeley on the Synthesis of
Kurchatovium in the Nuclear Reaction
 $^{249}\text{Bk}(^{15}\text{N},4n)^{260}\text{Ku}$

In the nuclear reaction $^{249}\text{Bk}(^{15}\text{N},4n)^{260}\text{Ku}$ the Kurchatovium isotope (element 104) was synthesized that undergoes spontaneous fission with $T_{1/2} = 90 \pm 20$ ms. This fact is in good agreement with the data of previous JINR papers.

Negative results of the Berkeley group (USA) on the search for ^{260}Ku spontaneous fission are analysed and the sources of errors are indicated.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research
Dubna 1977

В течение ряда лет в ОИЯИ изучается спонтанное деление изотопов курчатовия - элемента 104, открытого в Дубне в 1964 году [1]. Получена обширная информация о периодах спонтанного деления как четных, так и нечетных изотопов курчатовия в широком диапазоне массовых чисел (от 253 до 260), что позволило установить новую закономерность в изменении стабильности ядер по отношению к этому виду распада (рис.1). Был накоплен большой опыт детектирования и идентификации короткоживущих спонтанно делящихся активностей, образующихся в ядерных реакциях с тяжелыми ионами.

Несмотря на то, что к настоящему времени известно уже 9 изотопов курчатовия, особое место среди них занимает ^{260}Ku ($T_{1/2} = 0,1$ с). Для этого имеются свои основания.

Во-первых, именно с ^{260}Ku связывают открытие курчатовия;

во-вторых, исторически - это первое ядро, свойства которого оказались в противоречии с предсказаниями систематики периодов спонтанного деления, установленной для ядер с Z от 96 до 102. (рис.1). Это отклонение в 100 тысяч раз в сторону большего значения $T_{1/2}$ (0,1 с вместо 10^{-6} с) имеет принципиальное значение с точки зрения новых закономерностей в систематике и, следовательно, оценки стабильности более тяжелых ядер ($Z \geq 104$).

Указанные обстоятельства явились определяющими в "сомнениях" берклиевской группы относительно достоверности свойств ^{260}Ku найденных в Дубне. Poleмические выступления

А.Гиорсо и др. приняли особенно острый характер после того, как в 1968 году в Беркли был изучен α -распад некоторых нечетных изотопов курчатовия [3]. Берклиевская группа предпринимала несколько попыток зарегистрировать спонтанное деление ^{260}Ku , которые оказались безуспешными. Ниже мы попытаемся проанализировать причины этих неудач.

Краткая сводка основных публикаций о наблюдении ^{260}Ku в Дубне и ненаблюдении его в Беркли представлена в таблице.

Из таблицы, в частности, видно, что возражения берклиевской группы против результатов, полученных в Дубне, на первом этапе основывались лишь на графических экстраполяциях. На втором этапе появились ссылки на работы, которые не опубликованы даже в виде препринтов. И, наконец, третий этап характеризуется

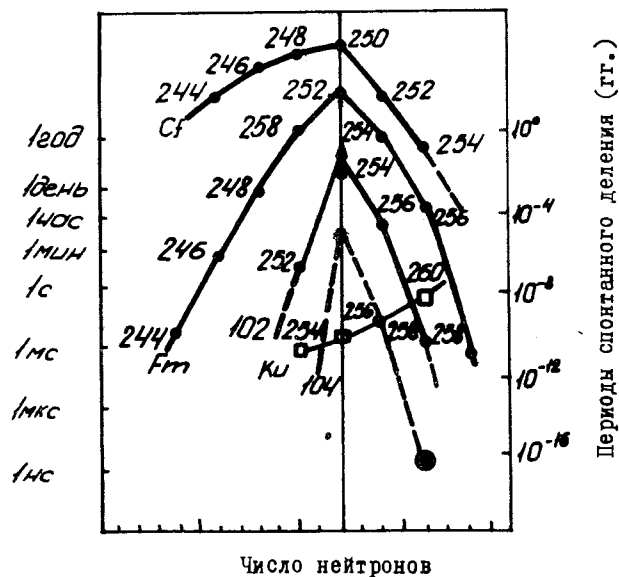


Рис. 1. Систематика периодов спонтанного деления четно-четных ядер в зависимости от числа нейтронов в ядре $T_{SF} = f(N)$.

Таблица
История проблемы $^{260}\text{I04}$

Наблюдение (Дубна)		ненаблюдение (Беркли)	
1964	$^{242}\text{Pu} + ^{22}\text{Ne}$ SF, $T_{1/2} = 0,3 \pm 0,1$ с функция возбуждения. Перекрестные облучения [1].	1967	Экстраполяция (рис. I) $T_{1/2} < 1$ мкс [7] (в 10^5 раз меньше, чем данные Дубны).
1969	$^{242}\text{Pu} + ^{22}\text{Ne}$ SF, $T_{1/2} = 100 \pm 50$ мс $^{259}\text{I04}$, SF (20%), ^3c функция возбуждения угловое распределение [2,4].	1969	$^{246}\text{Cm} + ^{18}\text{O}$; $^{248}\text{Cm} + ^{16}\text{O}$ $T_{1/2} = 100$ мс не наблюдается $\sigma \approx 0,2$ нбарн. "... нам кажется более вероятным, что период полураспада $^{260}\text{I04}$ находится в микросекундном интервале" [8] Report UCRL -18714, 1969 (не опубликован).
1974	$^{208}\text{Pb} (^{50}\text{Ti}, 2n) ^{256}\text{I04}$ SF, 5 мс (вместо 100 с согласно экстраполяции) [5] (рис. I).	1975	$^{256}\text{I04}$ имеет $T_{1/2} \approx 1$ с и испытывает α -распад (неопубликованные данные Ок-Риджской лаборатории). Г.Сиборг, Доклад в Бацен-Бацене [9].
1975	$^{246}\text{Cm} + ^{18}\text{O}$ SF, 80 ± 20 мс $\sigma = 1,5$ нб угловое распределение, функция возбуждения [6].	1975 (октябрь)	$^{249}\text{Bk} + ^{15}\text{N}$. Вообще нет короткоживущих активностей $\sigma \approx 0,7$ нбарна [10].
1976 (апрель)	$^{249}\text{Bk} + ^{15}\text{N}$ SF, ~ 80 мс $\sigma = 5$ нб	1976 (май)	$^{249}\text{Bk} + ^{15}\text{N}$ SF, 20 мс $\sigma = 12$ нб Нет 100 мс и 80 мс ($\sigma < 0,3$ нб) "Окончательное решение вопроса об элементе I04" [11].
1976 (сентябрь)	$^{249}\text{Bk} + ^{15}\text{N}$ (настоящая работа) SF, 90 мс $\sigma = 6$ нб	1976 (сентябрь)	Г.Сиборг и др. "Критерии открытия химических элементов" [12]. "Детектируя спонтанное деление и измеряя период полураспада, нельзя доказать Z и A синтезируемого ядра".

получением противоречивых данных [I0, II] и их произвольной интерпретацией. Более чем 10-летняя история "проблемы ^{260}Ku " не завершена до сих пор, несмотря на претенциозное название доклада А. Гиорсо на конференции по ядрам, удаленным от стабильности, в мае 1976 года ("Окончательное решение вопроса об элементе I04").

В сентябре 1976 года в Дубну был приглашен в качестве наблюдателя сотрудник Лаборатории им. Э. Лоуренса И. Ничке, участник майских (1976г.) опытов в Беркли, интерпретированных в докладе А. Гиорсо [II]. В его присутствии нами в экспериментах на ускорителе ЛЯР ОИЯИ было еще раз подтверждено наличие $\sim 0,1$ с активности, обусловленной распадом ^{260}Ku в продуктах облучения ^{249}Bk ионами ^{15}N .

Ниже излагаются результаты этих опытов, проведенных в Дубне, в сопоставлении с данными Беркли (май 1976г.) [II].

I. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ

В экспериментах по синтезу трансурановых элементов с помощью тяжелых ионов ядра - продукты реакций отделяются от исходного вещества мишени за счет передачи импульса налетающей частицей. Далее атомы отдачи улавливаются тем или иным способом и переносятся к детекторам излучения для анализа (определения) их радиоактивных свойств.

Сложность экспериментов заключается в создании условий, при которых роль фоновых активностей сведена до минимума. Если речь идет о долгоживущем фоне при регистрации спонтанного деления, то идеальной представляется транспортирующая система с бесконечно длинной лентой - сборником атомов отдачи. В этом случае "долгоживущий" фон распределяется на большой площади так, что его удельная активность на единицу поверхности детектора осколков становится пренебрежимо малой.

Неоднократно отмечалось [I, 2, 6], что в опытах по синтезу ^{260}Ku при облучении ^{242}Pu ионами ^{22}Ne и изотопов курия ионами $^{16}, ^{18}\text{O}$ одновременно в реакциях передачи возникают, по крайней мере, две "фоновые" (т.е. затрудняющие детектирование $\sim 0,1$ -с ^{260}Ku) активности: ^{242}Am , $T_{1/2} = 13,7$ мс, ^{256}Fm , $T_{1/2} = 2,7$ часа. Сечения их образования сравнимы или даже превосходят величину сечения реакции синтеза I04-го элемента.

Априори можно было ожидать, что при переходе от ^{246}Cm к ^{249}Bk сечение реакции передачи, приводящей к образованию ^{256}Fm , наиболее опасной фоновой активности, в комбинации $^{249}\text{Bk} + ^{15}\text{N}$ будет больше, чем в случае $^{246}\text{Cm} + ^{18}\text{O}$. Ранее мы указывали [6], что работа с курьеровой мишенью потребовала существенного изменения методики по сравнению с использованной в опытах с плутонием. Это связано, в первую очередь, с ростом сечения образования ^{256}Fm на курии.

Замена 8-метровой ленты-транспортера, использованной в опытах с плутонием [2], на 300-800-метровую ленту позволила в реакции $^{246}\text{Cm} + ^{18}\text{O}$ надежно выделить $\sim 0,1$ -с активность ^{260}Ku при наличии значительного долгоживущего фона [6].

Тем не менее, в первой серии опытов по облучению ^{249}Bk азотом в Беркли [I0] использовалась установка с длиной сборника всего лишь 0,8 м, а в последующем - 30 м [II], что представляется совершенно неудовлетворительным с точки зрения уровня фона и возможности анализа кривых распада.

I. Установка

Оценки показывали, что ленточный транспортер длиной 300 метров удовлетворяет требованиям детектирования ^{260}Ku в комбинации $^{249}\text{Bk} + ^{15}\text{N}$ на фоне спонтанно действующих продуктов реакций передачи ^{242}Am и ^{256}Fm .

Схема экспериментальной установки, с помощью которой осуществлялся синтез ^{260}Ku в реакции $^{249}\text{Bk} + ^{15}\text{N}$, показана на рис. 2. В качестве сборника ядер отдачи использовалась никелевая лента толщиной от 15 до 25 мкм, шириной 25 мм и длиной 350-600 метров. Мишень располагалась на расстоянии 40 мм от ленты-сборника. Ядра отдачи, выбитые из мишени, внедрялись в сборник и переносились к стеклянным или пластиковым детекторам осколков деления, располагавшимся вдоль ленты на длине 80 см симметрично относительно мишени, справа и слева от нее. Скорость ленты можно было изменять в широких пределах (максимальная скорость 70 см/с) с помощью редуктора на валу синхронного двигателя. Камера мишени изолировалась от камеры детекторов тефлоновыми вставками с узкой (1 мм) прорезью для ленты-сборника с целью предотвращения попадания на детекторы рассеянных ионов и осколков вынужденного деления.

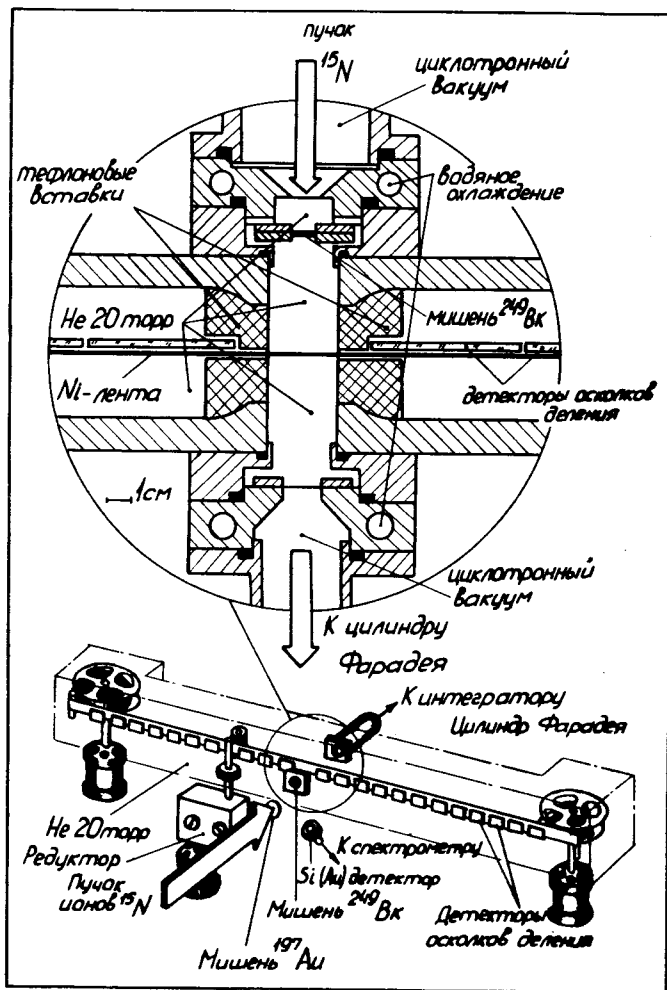


Рис. 2. Схема экспериментальной установки "Магнитофон".

Интенсивность пучка и интегральный поток ионов, прошедших через мишень, измерялись при помощи вакуумного цилиндра Фарадея. Контроль энергии пучка и интенсивности (при использовании наиболее толстой ленты) производился по упругому рассеянию ионов на тонкой (40 мкг/см^2) золотой мишени, установленной вблизи входного окна. Рассеянные ионы регистрировались Si(Au) детектором.

Дополнительный контроль за интегральным потоком ионов ^{15}N , прошедших через мишень, осуществлялся по измерению наведенной активности в 15-мкм алюминиевой фольге, располагавшейся в начале стопки поглотителей сразу после медного входного окна (всегда при одной и той же энергии). С помощью германиевого γ -детектора регистрировалась 64-часовая активность ^{71}As ($E_\gamma = 175 \text{ кэВ}$) с известным выходом.

2. Мишень

Изотоп ^{249}Bk является сравнительно короткоживущим β -излучателем с периодом полураспада 314 дней. Быстрое накопление дочернего ^{249}Cf налагает особые требования к очистке мишенного вещества и сроку проведения экспериментов после изготовления мишени.

Перед началом опытов вещество мишени (^{249}Bk) было очищено от ^{249}Cf и балластных примесей. Мишень диаметром 9 мм ($\sim 0,6 \text{ см}^2$) с плотностью вещества 180 мкг/см^2 была изготовлена в момент, когда количество ^{249}Cf в берклии не превышало 1%.

Количество вещества и толщина рабочего слоя мишени определялись по L - X -лучам ^{249}Cf (после β -распада ^{249}Bk) и спектру α -частиц ^{249}Bk и ^{249}Cf на полупроводниковых детекторах с известной геометрией. Результаты измерений находились в хорошем согласии между собой.

3. Результаты

Были проведены две серии экспериментов (в апреле и сентябре-ноябре 1976г.), результаты которых в пределах погрешностей хорошо согласуются между собой. Мы приведем здесь суммарные данные обеих серий.

Облучения ^{249}Bk проводились при следующих энергиях ионов ^{15}N : 77, 84, 95 МэВ (апрель) и 75, 82 и 93 МэВ (сентябрь-ноябрь), причем расчетный максимум сечения ядерной реакции

Рис. 3. Энергетический спектр N ионов ^{15}N после прохождения поглотителей.

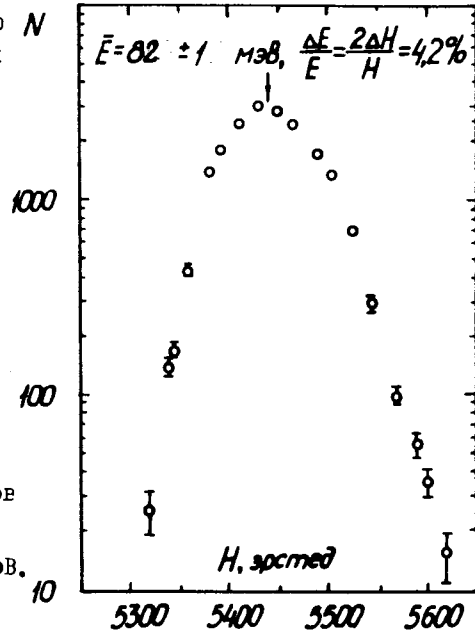
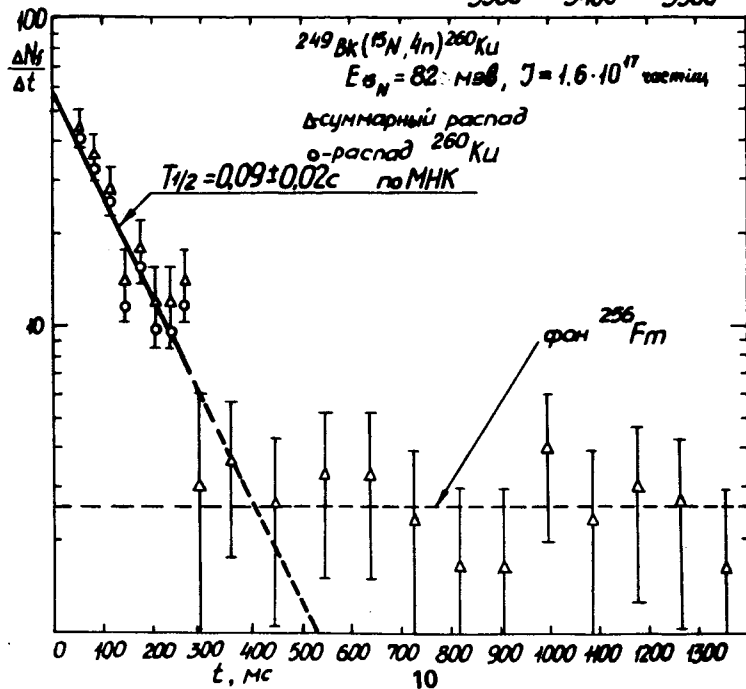


Рис. 4. Кривая распада спонтанно цепающихся продуктов взаимодействия $^{249}\text{Bk} + ^{15}\text{N}$ при энергии ионов ^{15}N 82 МэВ.



^{249}Bk (^{15}N , $4n$) ^{260}Kl приходится на энергию 82 МэВ. Исходная энергия ионов ^{15}N была измерена с помощью магнитного анализатора и оказалась равной $(48 \pm 1 \text{ МэВ}^x)$. Для изменения энергии использовались алюминиевые поглотители, помещавшиеся между входным окном и мишенью. На рис. 3 показан энергетический спектр ионов ^{15}N , измеренный магнитным анализатором после прохождения стопки поглотителей, выбранных из расчета получения на слое ^{249}Bk энергии ^{15}N 82 МэВ. Видно, что измеренная энергия (81,8 МэВ) хорошо совпадает с расчетной, а ширина спектра (3,3 МэВ на полувысоте) удовлетворяет условиям проведения опытов по измерению функции возбуждения испарительной реакции (как известно, ширина функций возбуждения на полувысоте составляет примерно 10 МэВ).

Эксперименты проводились на установке "Магнитофон" при скорости движения ленты-сборника 40 см/с (первая серия опытов) и 70 см/с (вторая серия). Детектирование распада атомов отщипа начиналось через 75 и 40 мс, соответственно.

На рис. 4 показана кривая распада спонтанно цепающихся продуктов ядерных реакций при энергии ^{15}N 82 МэВ. Результирующая кривая распада хорошо описывается двумя компонентами: экспонентой, соответствующей $T_{1/2} \approx 90$ мс, а также постоянной составляющей (фоном) со средним выходом 2,6 событий на 30-мс интервал. Результаты измерений энергетической зависимости выхода 90 мс. активности (функция возбуждения) приведены на рис. 5. В отдельном опыте были измерены кривая распада и функция возбуждения (рис. 5) для долгоживущей компоненты. С этой целью проводились трехчасовые экспозиции с неподвижным сборником, а затем активность сборника измерялась либо с помощью пластиковых детекторов, либо в ионизационной камере. Вид кривой распада соответствует гипотезе образования ^{256}Md в качестве первичного продукта с последующим его распадом в ^{256}Fm , который спонтанно делится с $T_{1/2} = 2,7$ часа. Максимум функции возбуждения приходится на 90 МэВ ^{15}N , а оценка сечения в максимуме дает величину 500 нбарн.

х) Авторы признательны В.В.Волжову и В.Л.Михееву за проведение этих измерений.

Из вида функции возбуждения для получения 90 мс активности (положение максимума при 82 МэВ и полуширина ~10 МэВ) можно сделать вывод, что она образуется в реакции полного слияния ядер мишени и частицы с последующим испарением 4 нейтронов, т.е. является $^{260}\text{Ки}$. Сечение реакции $^{249}\text{Вк} (^{15}\text{N}, 4n) ^{260}\text{Ки}$ в максимуме составляет величину 6 нбарн. Это примерно в 10 раз выше, чем в комбинации $^{242}\text{Ри} + ^{22}\text{Не}$ и в 4 раза выше, чем в реакции $^{246}\text{См} + ^{18}\text{О}$, что находится в удовлетворительном согласии с расчетами по модели Джексона-Сиккеланда.

II. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Главный итог опытов по облучению $^{249}\text{Вк}$ ионами ^{15}N в Дубне сводится к получению спонтанно делящегося изотопа с периодом полураспада около 100 мс, который идентифицирован как $^{260}\text{Ки}$ в полном согласии с ранее сделанными основными выводами [1,2,6].

Вместе с тем при изучении той же реакции в Беркли (см. таблицу) делались выводы сначала о ненаблюдении какой-либо короткоживущей активности [10], а затем о наблюдении активности с $T_{1/2} \approx 20$ мс [11], при этом граничное сечение для образования 80-мс изотопа $^{260}\text{Ки}$ указывалось 0,3 нбарна, что в 20 раз меньше измеренного в Дубне.

Попытаемся проанализировать, в чем причина расхождения результатов (и их интерпретации) при изучении одной и той же реакции.

Рассмотрим более детально результаты последних опытов Беркли, опубликованные в цитируемой работе А.Гиорсо [11]. На рис. 6 показана кривая распада продуктов реакции $^{249}\text{Вк} + ^{15}\text{N}$ при энергии ^{15}N 82 МэВ, а на рис. 5 пунктиром обозначена функция возбуждения для короткоживущих продуктов, измеренная в Беркли. Обращает на себя внимание тот факт, что при больших энергиях ^{15}N эффективный период полураспада становится 13,7 мс (а не 20 мс, как в максимуме функции возбуждения). Такой период полураспада имеет делящийся изотер ^{242}Am .

Как уже отмечалось, этот изотер должен образовываться в относительно простой реакции передачи при взаимодействии $^{249}\text{Вк}$ с ^{15}N . Функции возбуждения реакций передачи такого типа имеют вид кривых с максимумом, но они более широки по

Рис. 5. Функции возбуждения для образования спонтанно делящихся продуктов при взаимодействии $^{249}\text{Вк} + ^{15}\text{N}$: сплошные кривые - данные настоящей работы; пунктирная кривая измерена в Беркли [11]; прерывистая кривая - выход ^{242}Am .

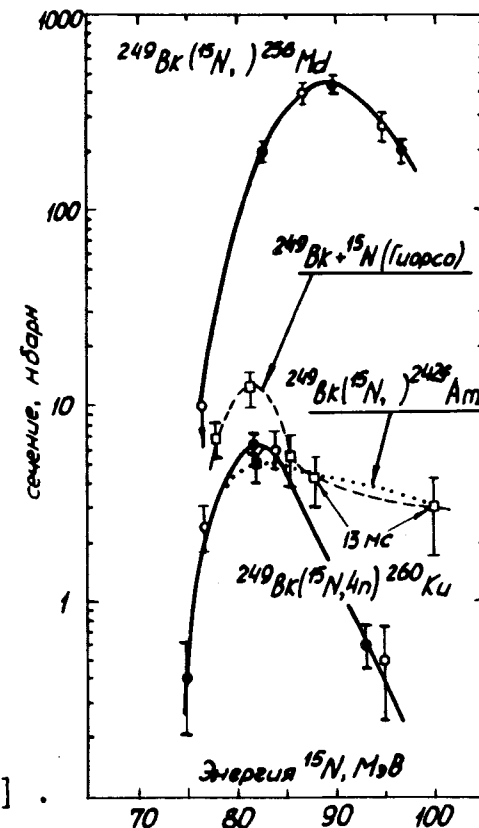
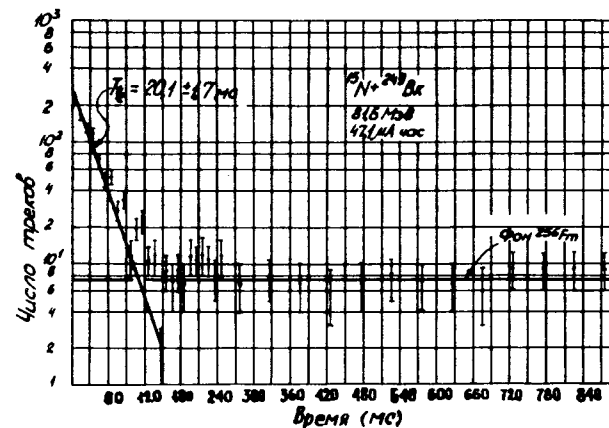


Рис. 6. Кривая распада продуктов реакции $^{249}\text{Вк} + ^{15}\text{N}$ при энергии ^{15}N 82 МэВ [11].



сравнению с функциями возбуждения испарительных реакций. Появление 13,7 мс активности при больших энергиях ^{15}N в чистом виде, очевидно, просто означает, что 20-мс активность в максимуме функции возбуждения складывается из двух компонент: 13,7-мс и более долгоживущей. А.Гиорсо отмечает в своем докладе [II, стр.555]: "Весьма вероятно, что 20-мс активность имеет две компоненты — более короткоживущую и более долгоживущую". В действительности, это неизбежно следует из экспериментальных данных Беркли. Обработка методом наименьших квадратов данных при энергии ^{15}N 82 МэВ дает усредненную экспоненту 20 мс. При этом имеется отклонение экспериментальных точек от расчетной кривой в области времен более 450 мс. Как можно наилучшим образом описать экспериментальное распределение треков, учитывая наличие 13,7-мс. периода полураспада?

Вернемся к рис.4, на котором показана кривая распада продуктов взаимодействия $^{249}\text{Bk} + ^{15}\text{N}$, измеренная в условиях низкого фона от ^{256}Fm ("Магнитофон"). Представим себе, что та же кривая измеряется на установке, где уровень фона от ^{256}Fm превышает "магнитофонный" в 10 раз, а быстродействие установки таково, что измерения начинаются через 10 мс. Обратимся теперь к рис.7. Если просуммировать экспериментальную кривую распада (1) (0,09 с), новую кривую более высокого долгоживущего фона (2) и экспоненту 13,7 мс (3), то получится "экспериментальная" кривая распада (4) в условиях повышенного фона. В наших построениях мы предположили сечение образования ^{243}Am (13,7 мс), равным 5-7 нбарн, при этом мы использовали экспериментальные данные Дубны для 90-мс активности ($\sigma = 6$ нб) и данные Беркли для "20 мс" активности ($\sigma = 12$ нб), считая, что "20 мс" состоит из двух компонент. Вычитание из "экспериментальной" кривой (4) долгоживущего фона (2) приводит к эффективной кривой распада короткоживущих продуктов с $T_{1/2} = 20$ мс.

Из рис. 7 видно, что "сконструированные" кривые распада по форме совершенно аналогичны экспериментальным, измеренным в Беркли.

Таким образом, основная причина разногласий в интерпретации результатов исследования одной и той же реакции в Дубне и Беркли заключается в различных возможностях аппаратуры. В Дубне методика нацелена на максимальное подавление долгоживущего фона

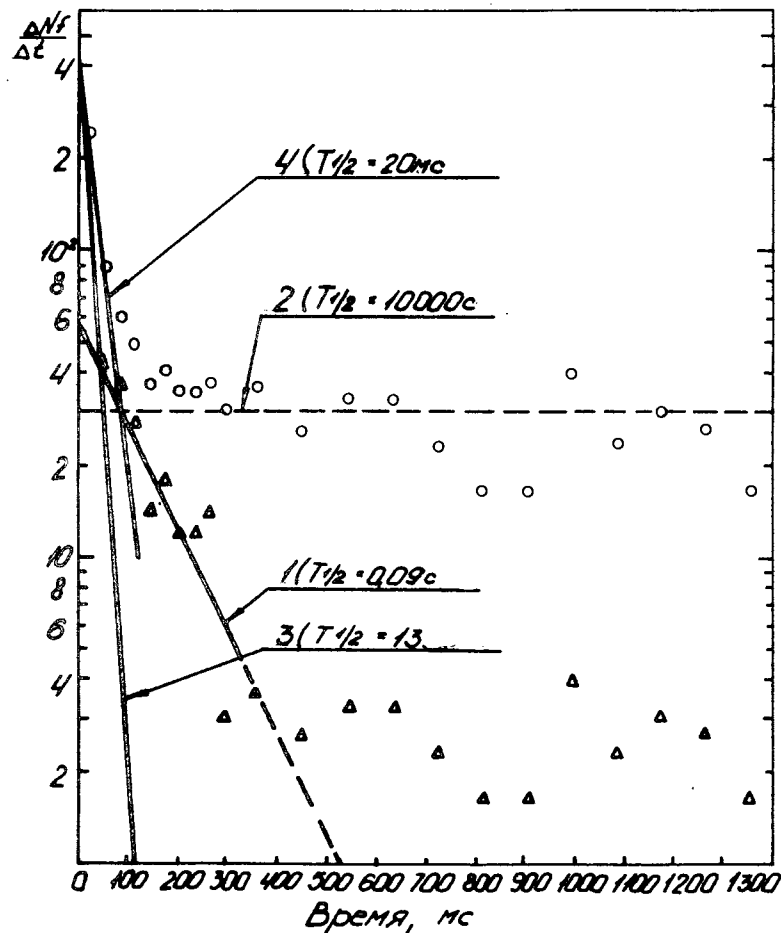


Рис. 7. "Сконструированная" кривая распада в условиях высокого долгоживущего фона.

("магнитофон" с длинной лентой), что позволяет изучать (регистрировать) даже малые эффекты, в то время как на установке "Барабан" в Беркли уровень фона по крайней мере в 10 раз превосходит фон "Магнитофона", маскируя за счет флуктуаций 90-мс активность в области больших времен.

Кроме того, в "магнитофоне" измерения начинаются через 40 мс, на "барабане" — через 10 мс. В нашей установке "13,7 мс" экспонента не видна (ее вклад пренебрежимо мал), а в результатах Беркли ее вклад необходимо учитывать при анализе сложной кривой распада. А. Гиорсо [II] не смог или не хотел учесть это обстоятельство при анализе своих данных. Если в Дубне четко просматривается экспонента 90 мс, то в Беркли из-за более высокого уровня фона "хвост" 90 мс экспоненты "тонет" в долгоживущем фоне, а наличие ^{242}Am (13,7 мс) приводит к тому, что усредненная "экспонента" выглядит как "20 мс" активность.

И, наконец, чтобы подтвердить это заключение, мы провели облучение $^{249}\text{Bk} + ^{15}\text{N}$ на установке с 8-метровым ленточным транспортером ("мертвое" время 15 мс), т.е. в условиях высокого уровня долгоживущего фона и с повышенным быстродействием.

На рис. 8 представлен экспериментальный результат. Обработка распределения треков выполнена методом максимального правдоподобия на ЭВМ "Минск-32". Видно, что усредненное значение $T_{1/2}$ в этом случае составило ~ 20 мс, что аналогично "20 мс" — активности в берклиевской постановке опытов. Таким образом, и экспериментально было показано, как в плохих фоновых условиях можно "потерять" эффект "90 мс" и прийти к ошибочной интерпретации экспериментальных данных.

Из изложенного можно сделать следующие выводы:

1. В ядерной реакции $^{249}\text{Bk} (^{15}\text{N}, 4n)^{260}\text{Kf}$ получен изотоп курчатовия (элемента 104), распадающийся путем спонтанного деления с периодом полураспада около 100 мс. Этот результат находится в полном согласии с выводами более ранних работ [1, 2, 6], в которых ^{260}Kf был синтезирован в других комбинациях мишень-частица: $^{242}\text{Pu} + ^{22}\text{Ne}$, $^{246}\text{Cm} + ^{18}\text{O}$.

2. Ненаблюдение ^{260}Kf с $T_{1/2} \approx 100$ мс в Беркли [10, II] обусловлено некорректной постановкой опытов и ошибочной обработкой данных.

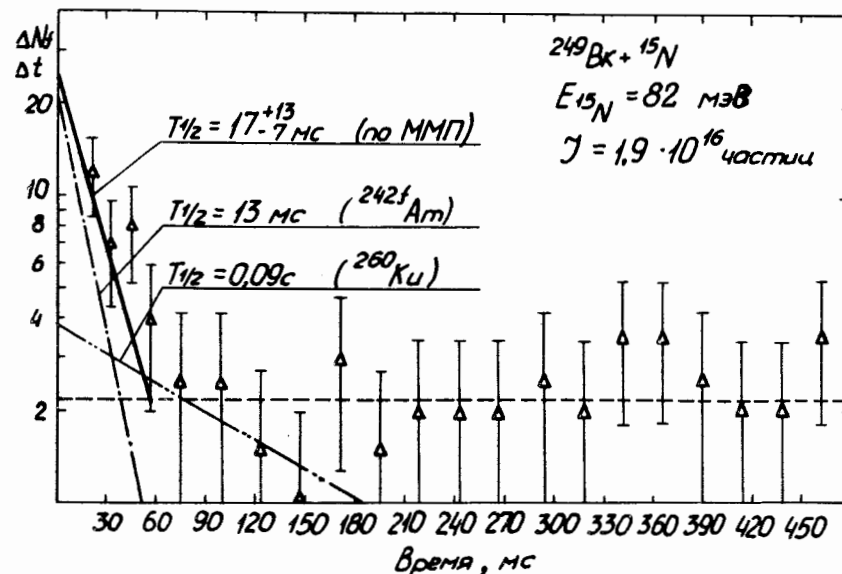


Рис. 8. Кривая распада, измеренная с помощью установки с лентой-транспортером длиной 8 м.

3. Детектирование спонтанного деления ядер неизвестного изотопа при условии правильного учета и подавления фона позволяет провести идентификацию \mathcal{X} и \mathcal{A} исследуемых ядер.

В этом свете представляется совершенно необоснованной попытка [12] увести дискуссию о расхождении в конкретных экспериментальных результатах (без анализа их причин) в русло общих рассуждений о преимуществе того или иного вида радиоактивного распада ядер с точки зрения идентификации их \mathcal{X} и \mathcal{A} .

Авторы "Критериев"... [12] утверждают, что только методы ионнообменной хроматографии, установления генетической связи в α -распаде и измерения характеристических X-лучей позволяют идентифицировать \mathcal{X} и \mathcal{A} нового элемента, а метод детектирования спонтанного деления не позволяет этого сделать.

С этим невозможно согласиться.

Все зависит от корректности постановки опыта. Наглядным тому примером являются работы по "нобелию" [I3, I4] и сверхтяжелым элементам [I5].

Несмотря на то, что идентификация "нобелия" была выполнена на основе, казалось бы, безупречного метода ионнообменной хроматографии (Стокгольм, 1957) и на основе установления генетической связи изотопа ^{254}No с ^{250}Fm (Беркли, 1958) - обе работы оказались целиком ошибочными. Ошибочно были идентифицированы по характеристическим X-лучам и сверхтяжелые элементы [I5].

В историческом плане эксперименты А.Гиорсо по ^{260}Kf [II] занимает такое же место, как и перечисленные здесь ошибочные работы [I3, I4, I5].

Нельзя неудачи отдельных работ распространять на метод в целом. Детектируя спонтанное деление ядер, измеряя их период полураспада и проводя перекрестные облучения, исследователи многих лабораторий мира надежно идентифицировали 40 действующих изомеров (установили Z и A каждого ядра).

Это является убедительным показателем плодотворности метода идентификации, основанного на детектировании спонтанного деления.

Эксперименты по синтезу изотопа курчатовия ^{260}Kf проводились коллективом авторов в составе Ю.С.Короткина, В.Н.Косякова, Ю.В.Лобанова, Е.А.Минина, Ю.В.Полубояринова, А.Т.Рыкова, Р.Н.Сагайцака, С.П.Третьяковой, Ю.П.Харитонова.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность академику Г.Н.Флерову, профессорам Ч.Шимане, Ю.Ц.Оганесяну и И.Зваре за поддержку работы и многочисленные плодотворные дискуссии.

Успешному проведению работы в значительной степени способствовало участие в ней большого коллектива сотрудников Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ и, в частности, Б.Н.Маркова, В.Б.Злоказова, В.И.Крашонкина, Г.Букланова, Т.И.Рыбаковой, К.И.Меркиной и других.

Л и т е р а т у р а :

I. Г.Н.Флеров и др. АЭ 17, 310 (1964), Phys.Lett., 13, 73 (1964).

2. Ю.Ц.Оганесян и др. АЭ 28, 393 (1970)
3. A.Ghiorso et al. Phys.Rev.Lett., 22, 1317 (1969).
4. Г.Н.Флеров и др. Труды международной конференции по физике тяжелых ионов, Дубна, февраль 1971г., стр.125. ОИЯИ, Д7-5769, Дубна, 1971.
5. Ю.Ц.Оганесян и др. Nucl.Phys., A239, 157 (1975).
6. В.А.Друин и др. Я.Ф., 24, 254 (1976).Препринт ОИЯИ Е7-9546, Дубна, 1976г.
7. A.Ghiorso, T.Sikkeland, Physics Today 20, 25 (1967).
8. A.Ghiorso, in Proc. R.A.Welch Found.Conf. on Chem.Res.XIII, Nov.17-19, 1969, Houston, p.107.
9. G.T.Seaborg, Paper at the 5th Intern.Conf. and 4th Intern. Transplut.Elem.Symposium, Baden-Baden, BRD, 1975.
10. A.Ghiorso, Труды Международной школы-семинара по взаимодействию тяжелых ионов, Дубна, октябрь 1975г., стр.33, ОИЯИ, Д7-9734, Дубна, 1976.
11. A.Ghiorso, in Proc.of the 3rd Int.Conf. on Nuclei far from Stability, Corsica, May 26, 1976.
12. G.T.Seaborg et al., Science, vol.193, 1271 (1976).
13. P.Fields et al. Phys.Rev., 107, 1460 (1957).
14. A.Ghiorso et al. Phys.Rev.Lett., 1, 18 (1958).
15. R.V.Gentry et al. Phys.Rev.Lett., 37, 11 (1976).

Рукопись поступила в издательский отдел
5 января 1977 года.