

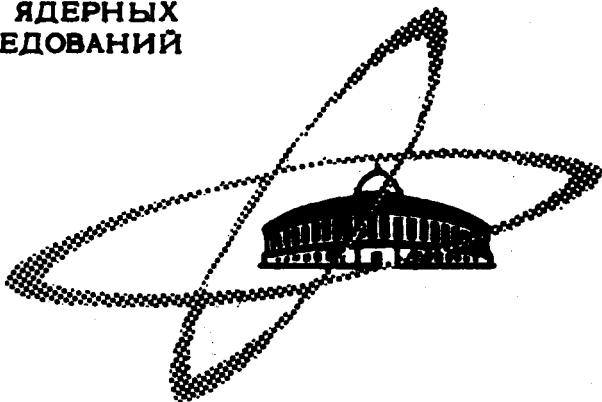
СЗУ.18

Г-855

9ф 1969, т. 10 в. 5, с. 929-938 ^{2/1 - 1969г.}

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.



P7 - 4387

З.Г.Гритченко, Т.П.Макарова, Ю.Ц.Оганесян,
Ю.Э.Пенионжкевич, А.В.Степанов

ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕ
НЕКОТОРЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ-ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ УРАНА
ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ

P7 - 4387

З.Г.Гритченко, Т.П.Макарова, Ю.Ц.Оганесян,
Ю.Э.Пенионжкевич, А.В.Степанов

ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕ
НЕКОТОРЫХ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ-ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ УРАНА
ТЯЖЕЛЫМИ ИОНАМИ

Направлено в ЯФ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

7800/1, 49.

Деление ядер при высоких энергиях возбуждения открывает принципиально новые возможности для получения большого числа изотопов. Использование ускоренных тяжелых ионов дает возможность получать компаунд-ядра с высокой энергией возбуждения. Когда энергия возбуждения ядра достигает 50 и более Мэв, оболочечные эффекты в компаунд-ядре становятся очень малыми. Наиболее вероятный процесс, происходящий в таком ядре, — симметричное деление. В этом случае кривая массового распределения оказывается строго симметричной относительно массы, равной половине массы компаунд-ядра. Кривая массового распределения осколков деления при этом оказывается близкой к гауссовской кривой со значительной дисперсией /1-5/.

Могут быть выделены два основных взаимосвязанных направления, по которым производились исследования: 1) синтез новых изотопов в области, далеко отстоящей от линии стабильных изотопов и 2) исследование ядерноспектроскопических характеристик получаемых изотопов.

Уже при использовании в качестве бомбардирующей частицы ядра неона и ядер мишени с $Z > 90$ представляется возможным получить осколки деления в широком диапазоне изменения A от 50 до 200 массовых единиц.

Для проверки закономерностей образования изотопов одного и того же элемента при делении сильно возбужденных ядер была выбрана группа редкоземельных элементов от лантана до гадолиния, которая имеет близкие химические свойства, а разность заряда для них не превышает 8 единиц (Z от 57 до 64).

Ранее в работе /5/ было показано, что изотопное распределение осколков деления $^{238}\text{U}(n, f)$ хорошо описывается кривой Гаусса вида:

$$W(A) = \frac{1}{\sqrt{\pi \sigma_A^2}} \exp \left[-\frac{(A - A_p)^2}{\sigma_A^2} \right], \quad (1)$$

где A_p - наиболее вероятная масса изотопа, а σ_A^2 - дисперсия по массам изотопов - осколков деления.

Для химического разделения группы редкоземельных элементов использовался электромиграционный метод /6/.

В результате радиохимического разделения получались фракции элементов, радиохимическая чистота которых по соседним элементам была не хуже 0,01%.

Экспериментальная процедура состояла в том, что мишени из окиси урана толщиной $\approx 1 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$ облучались в течение 6+12 часов на внутреннем пучке 310-сантиметрового циклотрона ионами ^{12}C , ^{20}Ne , ^{22}Ne ^{40}Ar с интенсивностями пучка ионов 50+70 мка для ^{12}C , 30+50 мка для ^{20}Ne и ^{22}Ne и 3+5 мка - для ^{40}Ar . Максимальная энергия ионов составляла для ^{12}C - 80 Мэв, ^{20}Ne - 190 Мэв, ^{22}Ne - 170 Мэв и ^{40}Ar - 290 Мэв. Энергию ускоренных ионов можно было изменять, помещая мишень на различные радиусы ускорения.

Процесс отделения редкоземельных элементов из облученной мишени и разделение их электромиграционным методом занимал 2-3 часа. После радиохимического разделения измерялся гамма-спектр отдельных элементов. Измерения проводились с помощью полупроводникового Ge(Li) - гамма-спектрометра, обладающего высоким энергетическим разрешением. Чувствительный объем использованных детекторов составлял 8,5 - 12,5 см³. Сигналы от детектора поступали на предусилитель с низким уровнем шумов, собранный на полевых транзисторах, усиливались линейным усилителем и через блок амплитудного цифрового преобразователя подавались на 4096-канальный амплитудный анализатор /7/. Разрешение системы в целом составляет 4+5 кэв, стабильность положения пика сохраняется в течение длительного времени (система работает без выключения десятилетиями).

С помощью такого гамма-спектрометра исследовались фракции La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd. Время облучения и выде-

ления отдельных элементов позволяло измерять лишь ядра с периодом полураспада больше одного часа. Чувствительность спектрометра дала возможность определить содержание ядер с периодом полураспада до одного года. Измерение гамма-спектра проводилось в энергетическом диапазоне от 50 до 2000 кэв. Идентификация изотопов производилась по энергии гамма-линий, их интенсивности и периодам полураспада. В качестве примера на рис. 1 показан характерный гамма-спектр фракции церия.

В таблице представлены энергии гамма-излучения, их квантовые выходы и относительные интенсивности для некоторых редкоземельных элементов - продуктов деления урана в реакциях с тяжелыми ионами. В столбцах таблицы 3-5 приводятся экспериментальные результаты расшифровки гамма-спектров фракций отдельных элементов. Из этих данных видно, что применение Ge(Li) - гамма-спектрометра при разрешении 4-5 кэв дает возможность определять энергию гамма-излучения для отдельных изотопов с точностью не хуже ± 1 кэв. Соотношения интенсивностей линий гамма-излучения для отдельных, хорошо изученных изотопов совпадало с погрешностью $\pm 5\%$ с данными, опубликованными в литературе.

По площади фотопика, принадлежащего данному изотопу, определялось число атомов данного изотопа, образовавшегося в процессе облучения мишени. После введения временных поправок по найденному числу атомов рассчитывалось сечение выхода осколка деления данной массы по следующей формуле:

$$\eta = \frac{S \cdot \lambda_e^{+\lambda t_{\text{зад}}}}{d \cdot J \cdot \xi \cdot \kappa \cdot \epsilon_\gamma (1 - e^{-\lambda t_{\text{обл.}}}) (1 - e^{-\lambda t_{\text{изм.}}})} \quad (2)$$

где S - число импульсов в фотопике за время измерения, λ - постоянная распада изотопа, $t_{\text{зад}}$ - время, прошедшее после окончания облучения до начала измерения, $t_{\text{обл.}}$ - время облучения, $t_{\text{изм.}}$ - время измерения, d - толщина мишени в атомах $\cdot \text{см}^{-2}$, J - интенсивность пучка тяжелых ионов в единицу времени, ξ - химический выход данного элемента при выделении из облученной мишени, κ - квантовый вы-

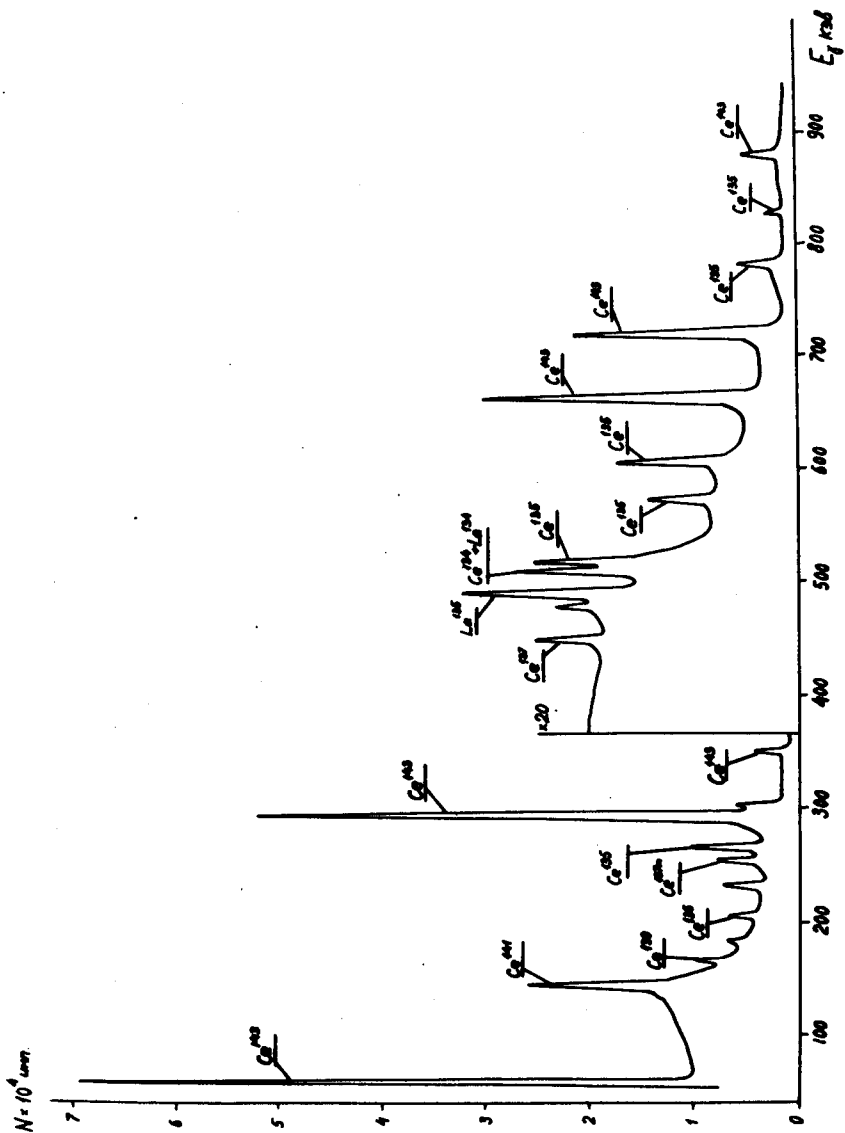


Рис.1. Гамма-спектр фракции церия.

ход данной линии гамма-излучения, ϵ_γ - полная эффективность гамма-спектрометра для данной линии гамма-излучения.

Полученные массы изотопов пересчитывались на первоначальные массы осколков деления до испарения нейтронов. Для некоторых изотопов, имеющих кумулятивный выход, вводилась поправка для определения независимого выхода ^{15/}.

В 6 и 7 столбцах приводятся литературные данные об интенсивности и квантовых выходах линий отдельных изотопов. Для отдельных изотопов с хорошо изученными схемами распада результаты интенсивностей гамма-излучения совпадали с литературными данными с точностью $\pm 5\%$. В некоторых случаях расхождения с опубликованными результатами в соотношениях интенсивностей отдельных линий гамма-излучения были заведомо выше экспериментальных ошибок.

В ряде работ выходы изотопов при делении ядер исследуются при помощи масс-сепарации. Наряду с рядом преимуществ этот метод имеет существенный недостаток - низкую эффективность при разделении $\sim 0,1-1\%$. В настоящей работе все изотопы, принадлежавшие одному химическому элементу, находились в одной пробе, спектр которой измерялся с помощью гамма-спектрометра с Ge(Li) -детектором. Это позволило сравнивать результаты измерений активности отдельных изотопов без внесения дополнительных погрешностей. В самых благоприятных случаях определялись отдельные линии гамма-излучения, интенсивность которых составляла $\approx 1\%$ основной линии.

Полученные экспериментальные данные по независимым выходам отдельных изотопов при делении наносились на кривую гауссовского распределения (1) с такими параметрами σ_A^2 (дисперсии массы изотопов) и ν (полное число испущенных нейтронов на акт деления), чтобы отклонения от кривой были минимальными ^{15/}. Найденные параметры кривой гауссовского распределения выходов изотопов для редкоземельных элементов от лантана до гадолиния оказались универсальными для широкого набора масс изотопов. Это позволило построить обобщенную кривую Гаусса для изотопного распределения всех редкоземельных элементов от лантана до гадолиния. На рис. 2 в качестве примера приведено изотопное распределение выходов редкоземельных элементов, образованных в

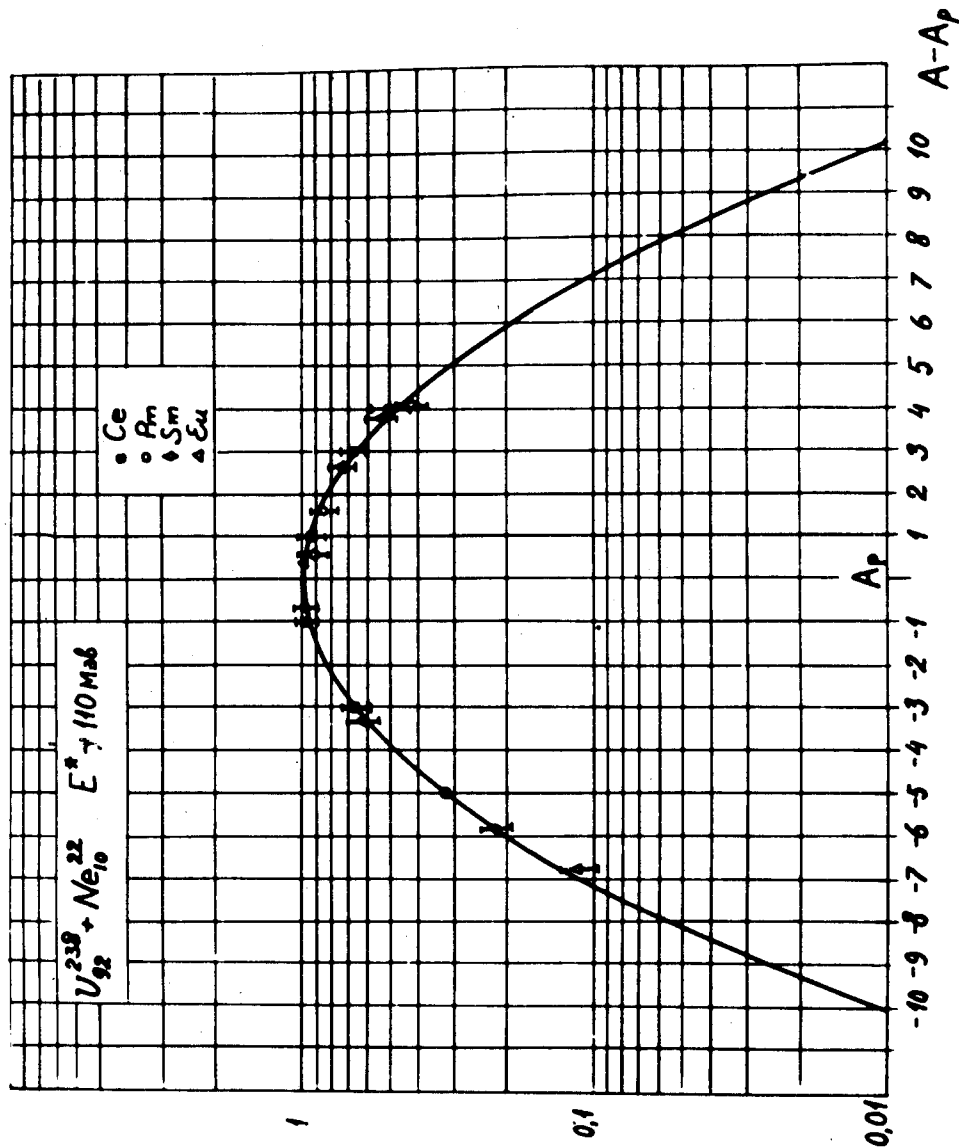


Рис.2. Изотопное распределение осколков деления ^{238}U - редкоземельных элементов от La до Gd при делении ^{238}U ионами ^{22}Ne .

реакциях $^{238}\text{U} (^{22}\text{Ne}, f)$. Подобные кривые изотопных распределений выходов при делении могут быть построены для различных элементов для случаев деления ядер при высоких энергиях возбуждения.

Для определения независимых выходов отдельных изотопов необходимо идентифицировать их по линиям гамма-излучения и знать их квантовые выходы, которые, даже в наиболее полной работе ^{18/}, даны далеко не для всех изотопов. В настоящей работе деление ядер при высоких энергиях возбуждения было использовано для определения и уточнения квантовых выходов некоторых редкоземельных элементов (^{135}Ce , ^{145}Pr , ^{147}Gd).

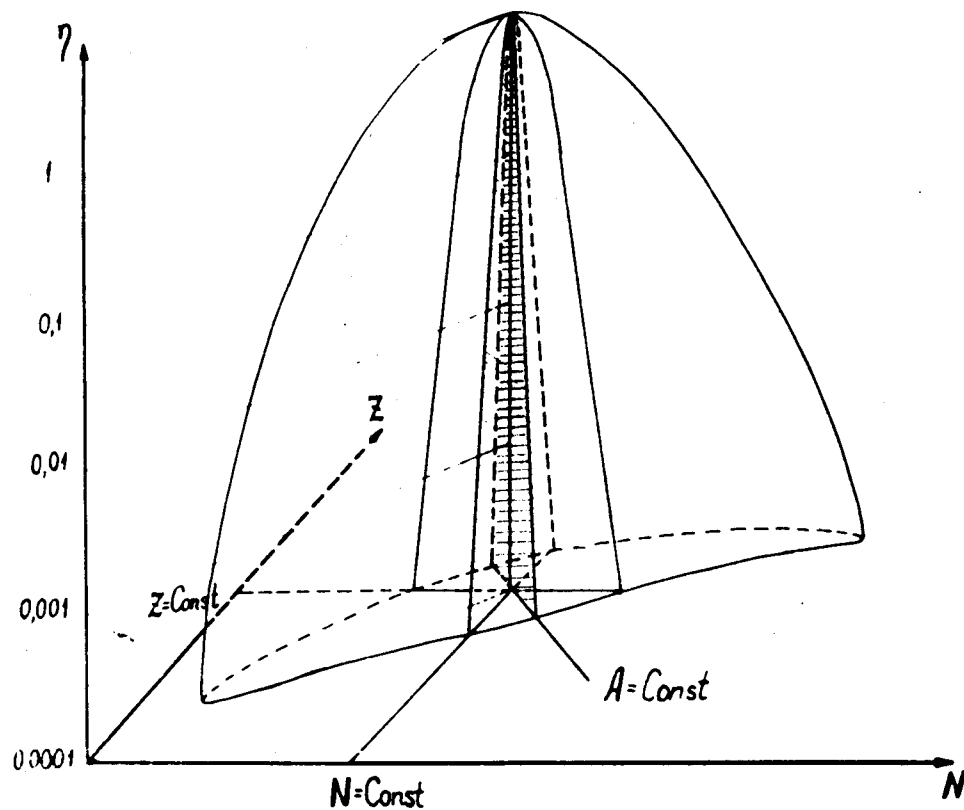
Если в реакции деления получается хотя бы один изотоп с хорошо известным квантовым выходом, то можно определить квантовые выходы отдельных линий изотопов с известными массовыми числами A и периодами полураспада. В формуле (2) неизвестными являются только площадь фотопика S и квантовый выход κ , который определяется путем сравнения с известным квантовым выходом другого изотопа по формуле:

$$\kappa_2 = C \frac{S_2 \cdot \eta_1}{S_1 \cdot \eta_2} \kappa_1, \quad (3)$$

где S_1 и S_2 - площади фотопиков первого и второго изотопов, η_1 и η_2 - выходы при делении первого и второго изотопов, κ_1 - известный квантовый выход линии гамма-излучения первого изотопа, C - постоянная, включающая в себя известные величины из уравнения (2).

В таблице для ^{135}Ce , ^{145}Pr и ^{147}Gd в столбце 5 проставлены величины квантовых выходов, найденные в настоящей работе и определенные с точностью $\approx 10\%$

Для демонстрации возможностей синтеза новых изотопов при делении был проделан следующий анализ. Рассматривался общий вид пространственного размещения в системе Z, N и γ точек независимых выходов осколков деления с любыми массами и зарядами. На рис. 3 дано сечение этой поверхности по плоскости Z = Const. Полученная кривая будет изотопным распределением выходов данного элемента (уравнение 1). Кривая, образованная в сечении поверхности с плоскостью N = Const, пред-



- изотопное распределение
- изотонное распределение
- изобарное распределение

Рис.3. Пространственное распределение выходов продуктов деления ^{235}U ионами ^{22}Ne . В сечениях представлены различные виды распределений выходов осколков деления по массам и зарядам.

ставляет собой зарядовое распределение изотопов и описывается уравнением:

$$W(Z, N) \approx \frac{1}{\sqrt{\pi\sigma_{Z,N}^2}} \exp\left[-\frac{(Z-Z_p)^2}{\sigma_{Z,N}^2}\right] \quad N = \text{Const} \quad (4)$$

Z_p - наиболее вероятный заряд изотопа, $\sigma_{Z,N}^2$ - дисперсия по зарядам изотопов.

И, наконец, кривая сечения поверхности распределения выходов при делении с плоскостью $A = \text{Const}$ дает зарядовое распределение изобаров, которое описывается выражением:

$$W(Z, A) \approx \frac{1}{\sqrt{\pi\sigma_{Z,A}^2}} \exp\left[-\frac{(Z-Z_p)^2}{\sigma_{Z,A}^2}\right] \quad A = \text{Const} \quad (5)$$

Очевидно, что, если известны параметры уравнения одного из распределений, то можно найти параметры двух других уравнений распределений.

Независимый выход осколка деления с массой A и зарядом Z определяется массовым и зарядовым распределением и записывается в виде следующего уравнения:

$$\eta(A, Z) \approx \sigma_f \frac{1}{\sqrt{\pi\sigma_A^2}} \exp\left[-\frac{(A-A_p)^2}{\sigma_A^2}\right] \frac{1}{\sqrt{\pi\sigma_Z^2}} \exp\left[-\frac{(Z-Z_p)^2}{\sigma_Z^2}\right], \quad (6)$$

где σ_f - сечение деления компаунд-ядра.

Площадь, образуемая при рассеении поверхности распределения выходов плоскостями $\eta = 0,1; 0,01$ и т.д., показывает, какое количество ядер имеет выход больше 0,1; больше 0,01 и т.д.

Разберем случай деления ^{235}U ($^{22}\text{Ne}, f$). Толщина мишени составляла $\approx 3 \text{ мг} \cdot \text{см}^{-2}$, интенсивность пучка ионов $^{22}\text{Ne} \approx 50 \text{ мка}$, энергия ускоренных ионов ^{22}Ne - 190 Мэв, время облучения один час.

Спроецируем на диаграмму изотопов в плоскости ZN сечения поверхности выходов при разных η . При этом получится картина, изображенная на рис. 4. На этом рисунке различной штриховкой показаны

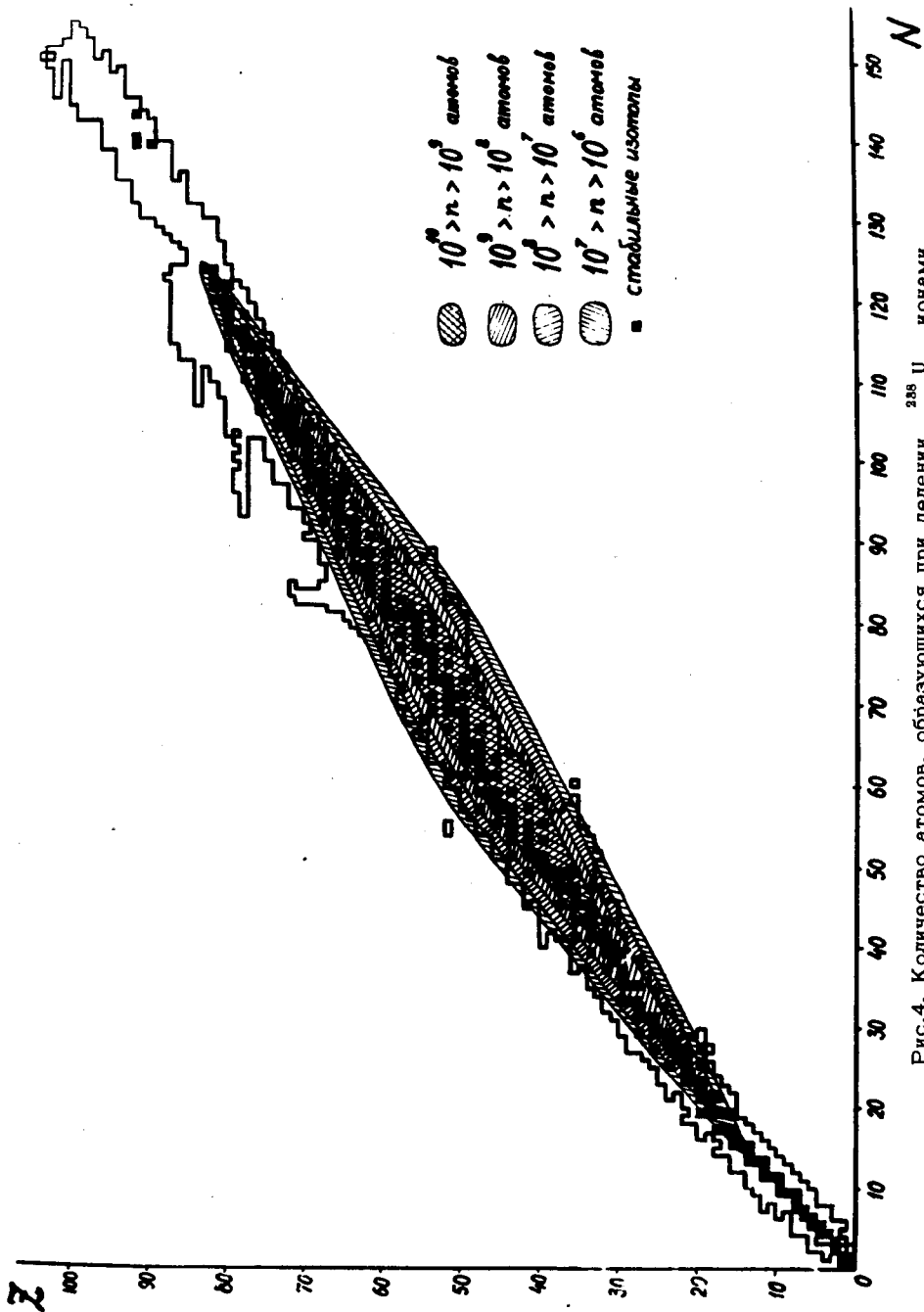


Рис.4. Количество атомов, образующихся при делении ^{238}U ионами ^{22}Ne . Толщина мишени $\approx 3 \text{ мг/см}^2$, интенсивность пучка ионов $^{22}\text{Ne} \approx 50 \text{ мка}$, энергия ускоренных ионов - 180 Мэв, время облучения один час.

зоны изотопов, в которых при делении получают количества атомов больше 10^9 атомов, меньше 10^9 , но больше 10^8 атомов и т.д. Заштрихованная зона охватывает такие области на диаграмме, где нет открытых изотопов. Подсчет показал, что при реакциях деления урана неонем получается 240 неизвестных ранее изотопов. Помимо этого получается еще около 240 изотопов, характеристики радиоактивного распада которых не изучены или изучены очень плохо. Этот пример показывает огромные возможности деления как метода синтеза новых изотопов ^{17/}. Подобный пример может быть использован для спектрометрических исследований структуры ядер в широком диапазоне Z и A.

Авторы благодарны академику Г.Н. Флерову и члену-корреспонденту АН СССР В.М. Вдовенко за большое внимание, поддержку и ценные замечания в процессе проведения опытов и обсуждения результатов.

Мы благодарны Б.А. Гвоздеву за выделение из мишени и очистку группы редкоземельных элементов и А. Шамсутдинову за помощь в измерениях.

Л и т е р а т у р а

1. H.M.Blann, Phys. Rev., 123, 1356 (1961).
2. I.Zvára, Proceedings of the Third Conference on Reaction between Complex Nuclei (Univ. of Calif. Press, 1964).
3. С.А. Карамян, Ф. Нормуратов, Ю.Ц. Оганесян, Ю.Э. Пениожкевич, Б.И. Пустыльник, Г.Н. Флеров. Препринт ОИЯИ Р7-3732, Дубна 1968.
4. Ю.Ц. Оганесян. Препринт ОИЯИ Е7-3942, Дубна 1968.
5. С.А. Карамян, Ю.Ц. Оганесян, Ю.Э. Пениожкевич, Б.И. Пустыльник. Препринт ОИЯИ Р7-4024, Дубна 1968.
6. Б.А. Гвоздев, З.Г. Гритченко, Т.П. Макарова, Ю.Ц. Оганесян, А.В. Степанов. Сообщение ОИЯИ 6-4351, Дубна 1969.
7. Б.А. Гвоздев, С.А. Карамян, Н.С. Мальцева, Ю.Ц. Оганесян, Ю.Э. Пениожкевич, А.М. Сухов, Б.В. Фефилов, З. Шегловский, Препринт ОИЯИ 13-3771, Дубна 1968.

8. M.Lederer, J.M.Hollander, I.Perlman. Table of Isotopes Sixth Edition. New-York, London, Sydney, 1967.

9. Б.С. Дзепов, Н.Н. Жуковский, А.Г. Малоян, В.П. Приходцева. Известия АН СССР, серия физическая, 30, 403 (1968).

10. A.Abdul-Malek, R.A.Naumann. Phys. Rev., 166, 1194 (1968).

11. D.G.Megli, V.P.Potnis, C.E.Mandeville. Nucl. Phys., A107, 117 (1968).

12. R.J.Bullock, N.R.Large. Radiochemica Acta 6, 201 (1966).

13. J.C.Hill, M.L.Wiedenbeck. Nucl. Phys., A98, 599 (1967).

14. A.Beacklin, H.Solhed, S.G.Malmskog Arkiv för Fysik 34, 495 (1967).

15. W.R.Daniels, D.C.Hoffman. Phys. Rev., 147, 845 (1966).

16. I.Adam, K.S.Toth. R.A.Meyer. Nucl. Phys., A106, 275 (1968).

17. Г.Н. Флеров. Препринт ОИЯИ Р7-3617, Дубна 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 апреля 1969 года.

Таблица

Квантовые выходы и относительные интенсивности
гамма-излучения некоторых редкоземельных элементов -
продуктов деления урана в реакциях с тяжелыми ионами

Изотоп	Период полу- распада	Энергия гамма квантов в кэВ	Данные настоящей работы		Литературные данные		Данные взяты из работы
			относит. интенсив. квантов	квант. выходы в %	относит. интенсив. квантов	квант. выходы в %	
			4	5	6	7	
La^{140}	40,2 ч	329	25		25	20	
		487	49		49	40	
		815	24		24	19	[9]
		926	9,1		9,1	10	
		1596	100		100	96	
La^{141}	3,87 ч	1370	-	2	-	2	[8]
La^{142}	92,5 м	642	100		100	48	
		845	13		13	9	[8]
		1011	9		9	5	
		1520	14,8		14,8	9	
Ce^{135}	17 ч	206	19	3,5	17	-	
		265	100	18,5	100	-	
		300	53	9,6	56	-	
		517	34	5,2	30	-	[10]
		571	24	4,4	29	-	
		576	13	2,4	15	-	
		606	53	9,6	44	-	
783	26	4,7	23	-			
827	13	1,8	11	-			

I	2	3	4	5	6	7	8
Ce ^{137m}	34,4 ч	255	-	II	-	II	[8]
Ce ¹³⁷	9 ч	446	-	2,3	-	2,3	[8]
Ce ¹³⁹	140 д	165	-	80	-	80	[8]
Ce ¹⁴¹	32,5 д	145	-	48	-	48	[8]
Ce ¹⁴³	33 ч	232	4,4	2	5,1		
		293	100	46	100		
		350	6,9	3,2	7,8		
		493	3,1	1,4	5,1		[11]
		664	II	5,0	14,9		
		726	9,8	4,5	14,8		
		881	1,6	0,7	2,8		
		1102	0,64	0,3	1,3		
Ce ¹⁴⁴	284 д	80	-	2	-	2	[8]
		134	-	II	-	II	
Pr ¹³⁸	2,1 ч	300	80	-	77	77	
		511	-	-	46	46	[8]
		790	100	-	100	100	
		1039	100	-	100	100	
Pr ¹³⁹	4,5 ч	511	-	18	-	18	[8]
Pr ¹⁴²	19,2 ч	1572	-	3,7	-	3,7	[8]
Pr ¹⁴³	13,6 д	-	-	-	-	-	[8]
Pr ¹⁴⁵	5,98 ч	675	83	0,4	100	0,51	
		747	100	0,5	85	0,43	
		850	10	0,05	-	-	[12]
		922	25	0,12	-	-	

I	2	3	4	5	6	7	8
Pr ¹⁴⁵		979	46	0,23	35	0,18	
		1051	33	0,17	33	0,17	
		1150	33	0,17	29	0,15	
		1385	I	0,005	-	-	
Nd ^{138m}	5,5 ч	114	100	-	80	-	
		327	20	-	50	-	
		511	100	-	1400	-	[8]
		708	14	-	210	-	
		740	21	-	-	-	
		984	24	-	70	-	
Nd ¹⁴⁰	3,3 д	-	-	-	-	-	[8]
Nd ¹⁴⁷	11 д	91	100	28	100		
		120	1,1	0,3	3		
		277	2,3	0,65	5,2		[13]
		322	4,8	1,3	11,8		
		400	2,0	0,56	8,9		
		442	2,9	0,81	7,4		
		533	36,4	10	48		
Nd ¹⁴⁹	1,8 ч	76	8	2,2	8		
		114	69	18,6	68		
		154	18	4,9	23		
		187	6,2	1,7	9		
		210	100	27	100		[14]
		240	13	3,5	16		
		269	60	16,2	78		
		327	13	3,5	19		
		424	15	4,1	31		

I	2	3	4	5	6	7	8
<i>N_m143</i>		54I	18	4,9	33		
		654	22	6,0	39		
<i>P_m144</i>	0,96 x	615	-	100	100	99	[8]
		695	-	100	100	99	
<i>P_m148</i>	5,4 x	55I	-	27	-	27	[8]
		914	-	15	-	15	
		I465	-	23	-	23	
<i>P_m148m</i>	41,8 x	289	I7	I5	I4,9	I3	
		310	5	4,3	3,2	2,8	
		413	25	22	I9,5	I7	
		55I	I20	II0	I09	95	[8]
		598	I2	II	9,2	8	
		610	6	5,2	6,9	6	
		629	I00	87	I00	87	
		725	35	30	4I,4	36	
		915	23	20	24	2I	
		I0I4	2I	I8	23	20	
<i>P_m149</i>	53,I v	286	-	2	-	2	[8]
<i>P_m150</i>	2,68 v	334	I00	7I	I00	7I	
		402	6,5	4,6	I0	7	
		716	I3	9,2	II,3	8	
		83I	I0	7,I	25,4	I8	[8]
		877	6	4,3	I6,9	I2	
		II65	I5	I0,5	32,4	23	
		I33I	I5	I0,5	3I	22	
		I730	6	4,3	I4	I0	

I	2	3	4	5	6	7	8
<i>P_m151</i>	27,8 v	99	2I	4,4	I9	4	
		I05	2I	4,4	I4	2,9	
		I67	62	I3	62	I3	
		I76	25	5,2	24	5	
		208	8	I,7	8,6	I,8	
		240	I6	3,4	I4,3	3	
		275	27	5,7	28,6	6	[8]
		338	I00	2I	I00	2I	
		440	9	I,9	4,3	0,9	
		444	I5	3,2	I4,3	3	
		717	I3	2,7	I9	4	
		752	4	0,8	4,8	I	
<i>S_m153</i>	46,8 v	70	25	5,4	25	5,4	[8]
		I03	I00	28	I00	28	
<i>S_m156</i>	9,4 v	88	75	I5	I50	30	
		I66	54	I0,8	50	I0	
		204	I00	20	I00	20	[8]
		244	5	I	25	5	
		269	9	I,8	-	-	
		29I	II	2,2	I5	3	
<i>Eu¹⁵⁰</i>	I2,6 v	334	-	4	-	4	[8]
<i>Eu¹⁵⁵</i>	I,8I r	87	-	32	-	32	[8]
		I05	-	20	-	20	
<i>Eu¹⁵⁶</i>	I5,4 x	600	22		29	2,7	
		646	6I		64	7	
		723	54		50	5	[15]
		8I2	80		95	9	

I	2	3	4	5	6	7	8		
<i>E_{cu}¹⁵⁶</i>		943	I9		I7,5	I,8			
		I065	40		48,4	4,8			
		I079	45		50,5	5			
		II54	I00		I00	I0			
		II65	I2		I6,6	I,7			
		I23I	7I		82	8,2			
		I243	48		60	6			
		I276	26		3I,3	3,I			
<i>E_{cu}¹⁵⁷</i>	I5,I ч	64	I00	27	8I	I8,6			
		32I	I6	4,3	I3	3			
		336	4,3	I,2	4,3	I			
		373	59	I6	6I	I4			
		4I3	I00	27	I00	23			
		453	4,3	I,2	4,3	I	[I5]		
		464	4,3	I,2	4,3	I			
		477	II	3	I3	3			
		573	8,7	2,3	8,7	2			
		62I	I5	4	26	6			
		687	4	I,I	8,7	2			
		<i>gd¹⁴⁷</i>	35 ч	229	540	52	I50	-	[8]
				395	I00	9,7	85	-	
<i>gd¹⁴⁹</i>	9,5 д	I50	I00	48	I00	48	[I6]		
		299	54	26	49	23			
		347	52	25	43	2I			
<i>gd¹⁵⁹</i>	I8 ч	58	33	3	33	3	[8]		
		363	I00	9	I00	9			