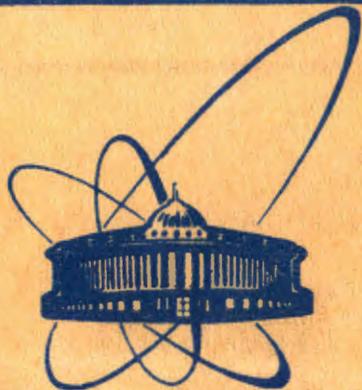


84-225



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

1-84-225

Л.В.Краснов,* Ю.А.Лакомкин,* В.Ф.Литвин,*
Ю.Лукстиньш, И.В.Степанов,*
С.А.Хорозов, И.Г.Яцышин*

ВЫХОДЫ ЧАСТИЦ С ЗАРЯДАМИ 1,2
ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПРОТОНОВ
ЭНЕРГИИ 7,54 ГэВ
С МИШЕНЯМИ ^{58}Ni И ^{64}Ni

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

* НИИФ Ленинградского государственного
университета

1984

К настоящему времени опубликован ряд работ по изучению изотопных эффектов в реакциях расщепления и фрагментации /1-9/. Анализ показывает, что зависимость выходов вторичных частиц от свойств ядра-мишени, при данной энергии первичной частицы, определяется не только числом нуклонов ядра-мишени и вторичной частицы, но подчиняется более сложным закономерностям. Наблюдаемые при этом особенности в отношениях выходов разных сортов нуклидов из ядер изотопов, получившие название изотопных эффектов, наиболее четко проявляются в экспериментах с изотопными мишенями.

В данной работе, выполненной на пучке протонов с энергией 7,54 ГэВ синхрофазотрона ОИЯИ, использовались мишени ^{68}Ni и ^{84}Ni с содержанием основного изотопа 95,3% и 89,8%. На этих мишенях изучались изотопные эффекты, выходы и энергетические спектры вторичных частиц с зарядами $Z = 1, 2$ и массами $A = 1 \div 4$ в интервале углов $30^\circ \div 150^\circ$. Работа выполнялась как продолжение исследований, опубликованных ранее /7/, где эти эффекты исследовались под углом 90° .

Регистрация продуктов взаимодействия осуществлялась спектрометром, включенным в линию с ЭВМ /10-12/. Спектрометр содержал 2 телескопа, каждый из которых состоял из трех полупроводниковых детекторов.

Идентификация по заряду и массе, а также измерение энергии частиц производились по энерговыделениям в тонком $/50 \div 100$ мкм/ детекторе и детекторе полного поглощения, толщиной $0,8 \div 1,2$ мм. Частицы с пробегом, превышающим суммарную толщину первых двух детекторов, исключались по наличию сигнала от детектора анти-совпадения.

Для оценки возможного вклада фонов в энергетические спектры проводились дополнительные измерения, показавшие, что максимальный вклад фона не превышает статистической ошибки.

Для мониторинга использовался дополнительный телескоп. Абсолютная привязка мониторинга производилась путем измерения активности ^{24}Na , образовавшегося в Al фольге.

С учетом ошибок в известном значении сечения образования ^{24}Na /13/ и возможных систематических ошибок абсолютной привязки, точность в абсолютной величине измеренных сечений оценивается ~ 20%.

Разделение вторичных частиц по заряду и массе осуществлялось путем анализа матриц отсчетов, построенных в энерговыделениях, измеренных в пролетном детекторе и детекторе полного поглощения.

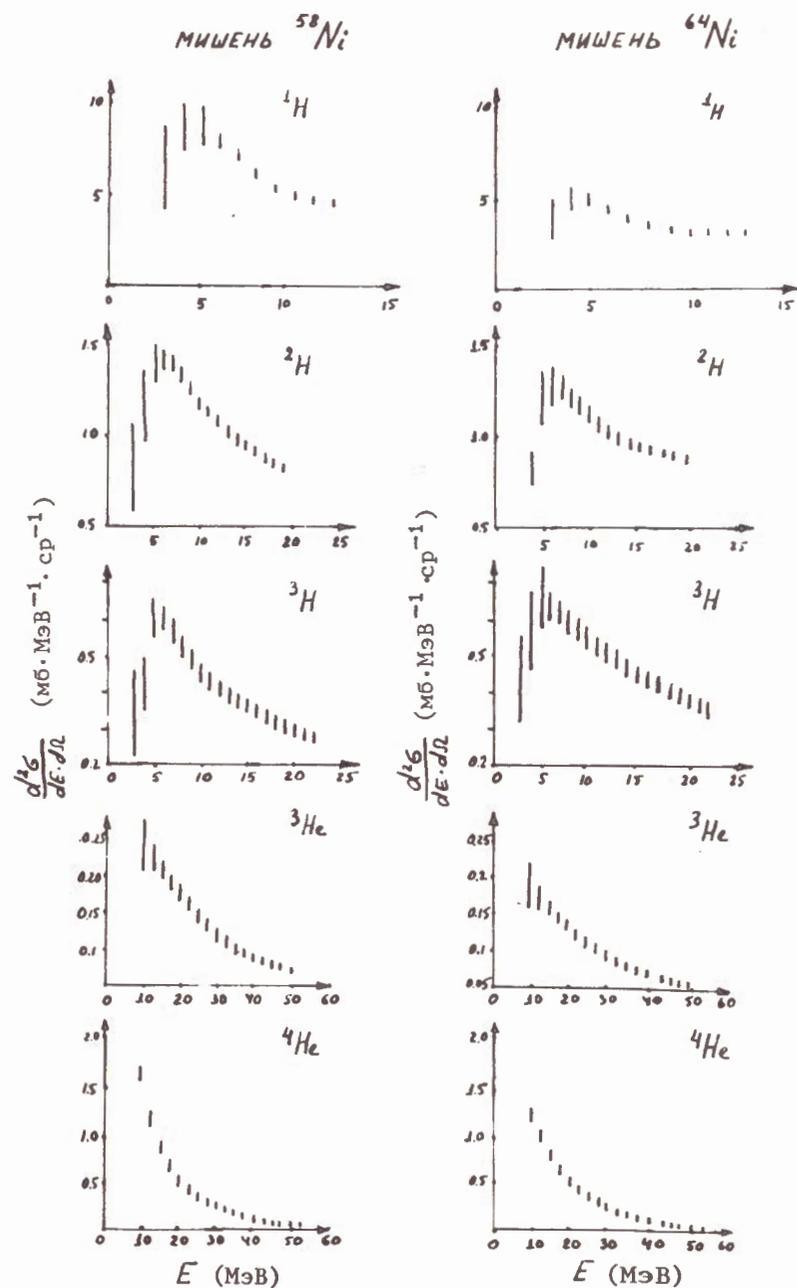


Рис.1. Двойные дифференциальные сечения образования нуклидов под углом 90° в л.с.к.

На рис.1 в качестве примера приведены спектры, полученные под углом 90° . Сечения выхода вторичных частиц указаны на рис.2 и в таблице, в которой приведены также отношения выходов нуклидов на изотопах ^{58}Ni и ^{64}Ni . Эти отношения не содержат возможной систематической ошибки, связанной с получением абсолютных величин сечения.

Отметим особенности полученных нами спектров вторичных частиц.

Во всем угловом интервале регистрации от 30° до 150° спектры имеют форму, характерную для процесса испарения. Выходы для каждого нуклида под разными углами близки по величине. При наблюдаемой близости спектров по величине и форме можно отметить несколько большую жесткость спектров под малыми углами. Наибольшие отличия проявляются, в основном, в области кулоновского максимума. Крутизна спектров не постоянна - в форме спектров наблюдается точка перегиба, после которой крутизна их спада изменяется. Данная особенность отмечалась в ^{14/}. Спектры вторичных частиц, образовавшихся в ^{64}Ni , являются более жесткими, по сравнению со спектрами ^{58}Ni .

Приведенные данные показывают практически полную изотропию суммарного по энергии выхода ^1H , и, возможно, легкую анизотропию, с преимущественным вылетом вперед в лабораторной системе координат, для ^2H и ^3H . Для ^3He и ^4He угловая зависимость выходов является анизотропной. В качестве возможной причины этого укажем на различие энергетических диапазонов регистрации частиц с $Z=1$ и $Z=2$ телескопами спектрометра. Частицы группы $Z=1$ регистрировались, начиная с энергии 3 МэВ, которая ниже кулоновского барьера для этих нуклидов. Таким образом, область кулоновского максимума целиком вошла в суммарные выходы. Регистрация ^3He и ^4He началась с энергии 10 МэВ, несколько превышающей величину кулоновского барьера, и поэтому область кулоновского максимума для частиц с $Z=2$ захватывалась лишь частично.

Отношения выходов изотопов, приведенные в таблице, хорошо согласуются с полученными нами ранее ^{7/}. При этом наблюдается их независимость от углов вылета вторичных частиц. Полученные данные подтверждают зависимость выходов нуклидов от изотопного состава мишени, а именно - наблюдается преимущественный выход нейтронно-обогащенных продуктов из нейтронно-избыточного изотопа мишени.

Сравнение с данными ^{5/}, полученными для мягких вторичных частиц при энергии налетающих протонов 660 МэВ, указывает на уменьшение изотопного эффекта с ростом энергии налетающей частицы.

Отношение выходов вторичных частиц из $^{58}\text{Ni}/^{64}\text{Ni}$ составляет, по данным ^{5/}, $2,0 \pm 0,2$ для ^1H , $0,66 \pm 0,03$ для ^2H , $1,52 \pm 0,08$ для ^3H . Нами получено соответственно $1,6 \pm 0,1$ для ^1H , $0,83 \pm 0,03$ для ^3H , $1,32 \pm 0,05$ для ^3He . К аналогичному выводу об уменьшении изотопного эффекта на ядрах ^{42}Sn и ^{124}Sn с ростом энергии первичных протонов от 0,66 до 7,54 ГэВ приходят авторы ^{9/}.

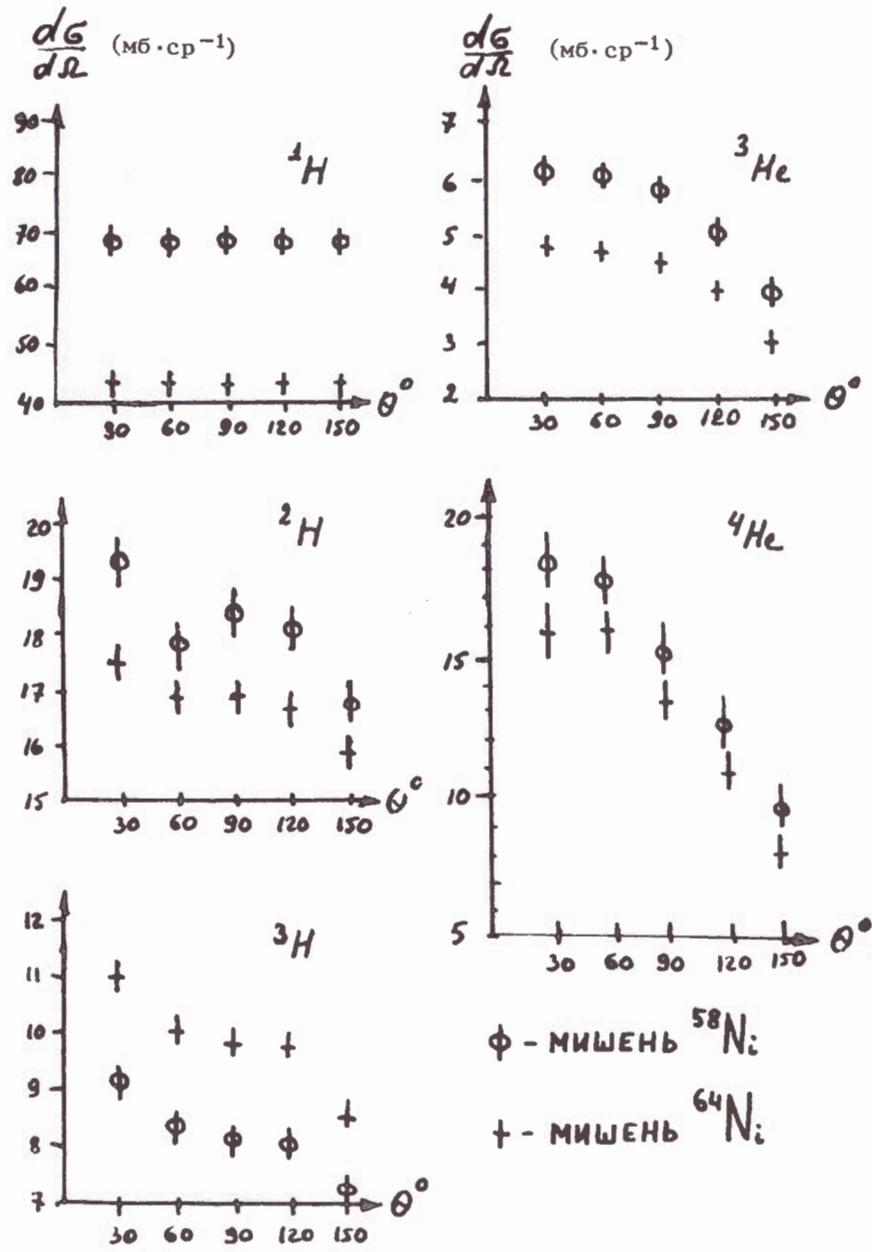


Рис.2. Дифференциальные сечения рождения нуклидов. Угол 0° в л.с.к.

Таблица
 Сечения выхода нуклидов и изотопные отношения. В значения дифференциального сечения включена статистическая ошибка. К - отношение выхода данного нуклида из ⁵⁸Ni к его выходу из ⁶⁴Ni σ - полное сечение выхода изотопов в указанных энергетических интервалах. В погрешность включена возможная 20% ошибка абсолютной привязки величины сечения.

Изотоп	Мишень	Энергот. интервал (МэВ)	30°	60°	90°	120°	150°	σ (мб)
¹ H	⁵⁸ Ni	3 - 13	68,3±3,0	68,3±2,9	67,9±2,8	67,7±3,1	67,5±2,9	830±150
	⁶⁴ Ni		43,1±1,8	41,8±1,7	41,9±1,8	41,9±1,8	41,4±1,7	520±100
² H	K		1,6±0,1	1,6±0,1	1,8±0,1	1,6±0,1	1,6±0,1	
	⁵⁸ Ni	4 - 19	19,2±0,4	17,8±0,4	18,4±0,4	18,1±0,4	16,7±0,4	220±40
³ H	⁶⁴ Ni		17,5±0,3	16,8±0,3	16,9±0,3	16,7±0,3	15,9±0,3	210±40
	K		1,10±0,3	1,06±0,03	1,09±0,03	1,08±0,03	1,05±0,03	
³ He	⁵⁸ Ni	4 - 22	9,1±0,2	8,3±0,2	8,1±0,2	8,1±0,2	7,0±0,2	100±20
	⁶⁴ Ni		11,0±0,2	10,0±0,2	9,8±0,2	9,8±0,2	8,5±0,2	120±20
⁴ He	K		0,82±0,02	0,83±0,03	0,83±0,03	0,82±0,03	0,82±0,03	
	⁵⁸ Ni	10 - 50	6,1±0,2	6,1±0,2	5,8±0,2	5,1±0,2	3,9±0,1	75±15
⁴ He	⁶⁴ Ni		4,7±0,1	4,6±0,1	4,4±0,1	3,9±0,1	3,0±0,1	50±10
	K		1,30±0,05	1,33±0,05	1,32±0,05	1,30±0,07	1,31±0,08	
⁴ He	⁵⁸ Ni	10 - 55	20,2±0,9	19,7±1,0	17,1±0,9	14,0±0,7	11,3±0,7	210±40
	⁶⁴ Ni		17,9±0,7	18,2±0,8	15,0±0,7	12,5±0,6	9,8±0,6	190±40
⁴ He	K		1,13±0,07	1,08±0,07	1,14±0,08	1,12±0,08	1,15±0,10	

Отмечая изменения в отношениях выходов мягких частиц из изотопов никеля с ростом энергии первичных протонов от 0,66 до 7,54 ГэВ, существенно указать на их близкую величину. Для данного энергетического интервала известно также, что механизм каскадного процесса претерпевает существенные изменения, связанные с насыщением выхода каскадных частиц ¹⁵/ эффект треиления/. При этом их средняя множественность возрастает в 3 ÷ 4 раза. В отличие от каскадных частиц, близость изотопных отношений для мягких нуклидов, в пределах данного энергетического интервала, указывает на единство механизма их образования и подобие исходных испаряющих систем.

В ⁸/ рассматривались выходы ¹H с энергией 80 ÷ 120 МэВ из изотопов ⁵⁸Ni и ⁶⁴Ni под действием протонов с импульсом 7,5 ГэВ/с. Показано, что сечения выходов вторичных протонов из этих мишеней в пределах ошибки совпадали.

Таким образом, обсуждаемые изотопные эффекты уменьшаются с ростом энергии первичной частицы и ее продуктов, проявляясь преимущественно в мягкой области спектров вторичных частиц, испаряемых из возбужденных конечных ядер.

В результате делается понятной и близость сечений выхода протонов из изотопов никеля, отмечаемая в ⁸/, поскольку высокоэнергетические вторичные протоны не являются испарительными, а возникают как каскадные частицы.

Резюмируя вышеизложенное, укажем на преимущественное проявление изотопных эффектов в области мягких вторичных частиц и на некоторое уменьшение этих эффектов с ростом энергии первичных протонов. Близость отношений выходов мягких нуклидов из изотопов никеля в энергетическом интервале первичных протонов 0,66 ГэВ ÷ 7,54 ГэВ обусловлена единством механизма их образования - процессом испарения, и указывает на независимость соотношения между протонами и нейтронами в наборе испаряющихся ядер, образованных на каскадной стадии реакции, от энергии бомбардирующих частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bertrand F.E. et al. Phys.Rev. C, 1973, vol.8, p.1045.
2. Авдейчиков В.В. и др. ОИЯИ, 1-7894, Дубна, 1974.
3. Богатин В.И. и др. ЯФ, 1974, 19, с.32-74.
4. Volnin E.N. et al. Phys.Lett.B, 1975, vol.55, p.409.
5. Bogatin V.I. et al. Nucl.Phys., 1976, A260, p.446.
6. Яковлев Ю.П. ЭЧАЯ, 1977, 8, с.255.
7. Краснов Л.В. и др. Вестник Ленинградского университета, 1978, 10, с.61.
8. Баяков Ю.Д. и др. Препринт ИТЭФ, № 4, М., 1982.
9. Богатин В.И. и др. ЯФ, 1982, 36, с.33.
10. Кондратьев В.П. и др. Прикладная ядерная спектроскопия, вып.Х, 1981, с.14.

11. Краснов Л.В., Яцышин И.Г. ПТЭ, 1981, № 3, с.52.
12. Краснов Л.В., Яцышин И.Г. ПТЭ, 1980, № 4, с.78.
13. Cumming J.B. Ann.Rev.of Nucl.Scin., 1963, 13, p.261.
14. Wu J.R. et al. Phys.Rev.C, 1979, vol.19, p.370.
15. Барашенков В.С., Тонеев В.Д. Взаимодействия высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами. "Атомиздат", М., 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 апреля 1984 года

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D2,4-83-179	Труды XV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Краснов Л.В. и др.

1-84-225

Выходы частиц с зарядами 1,2 при взаимодействии протонов энергии 7,54 ГэВ с мишенями ^{58}Ni и ^{64}Ni

Приводятся данные о рождении низкоэнергетических нуклидов с зарядами $Z = 1,2$ при взаимодействии протонов энергии 7,54 ГэВ с ядрами ^{58}Ni и ^{64}Ni . Для интервала углов $30^\circ - 150^\circ$ анизотропия выходов нуклидов растет с ростом A . Отношения выходов разных сортов нуклидов почти такие же, как при взаимодействии протонов с энергией 0,66 ГэВ, что указывает на подобие испаряющих систем.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Krasnov L.V. et al.

1-84-225

The Yields of Particles of 1 and 2 Charges From Proton Interactions on ^{58}Ni and ^{64}Ni Targets at 7.54 GeV Energy

Data on the production of low energy nuclides with $Z=1,2$ charges at 7.54 GeV energy proton interactions on ^{58}Ni and ^{64}Ni nuclei are presented. For $30^\circ - 150^\circ$ angular range anisotropy of nuclide yields increases with A . Ratio of yields of different nuclides are almost the same that for 0.66 GeV energy proton interactions and indicates that vapouring systems are similar.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1984