



BECCQUEREL
PROJECT

Проект
БЕККЕРЕЛЬ

Beryllium (Boron)

Clustering

Quest in

Relativistic Multifragmentation

<http://becquerel.jinr.ru>

**ИССЛЕДОВАНИЕ
РЕЛЯТИВИСТСКОЙ ФРАГМЕНТАЦИИ
ЛЕГКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ЯДЕР
МЕТОДОМ ЯДЕРНОЙ ЭМУЛЬСИИ**
Проект BECCQUEREL-C на 2009 - 11

П. И. Зарубин

Сотрудничество БЕККЕРЕЛЬ



BECQUEREL
PROJECT

Проект
БЕККЕРЕЛЬ

Beryllium (Boron)
Clustering
Quest in
Relativistic Multifragmentation

<http://becquerel.jinr.ru>

Д. А. Артеменков, В. Браднова, П. И. Зарубин, И. Г. Зарубина, Д. О. Кривенков, А. И. Малахов, П. А. Рукояткин, В. В. Русакова, Т. В. Щедрина
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия (ОИЯИ)

В. Р. Саркисян, А. А. Моисеенко
Ереванский физический институт, Ереван, Армения

М. Хайдук, А. Неагу, Е. Штефан
Институт космических исследований, Магурель-Бухарест, Румыния

С. Г. Герасимов, Л. А. Гончарова, В. А. Дронов, Г. И. Орлова, Н. Г. Пересадько, Н. Г. Полухина, М. М. Чернявский, В. Н. Фетисов, С. П. Харламов
Физический институт имени П. Н. Лебедева РАН, Москва, Россия (ФИАН)

С. Вокал, А. Кравчакова
Университет имени П. Й. Шафарика, Кошице, Словакия

Р. Станоева, И. Цаков
Институт ядерных исследований БАН, София, Болгария.

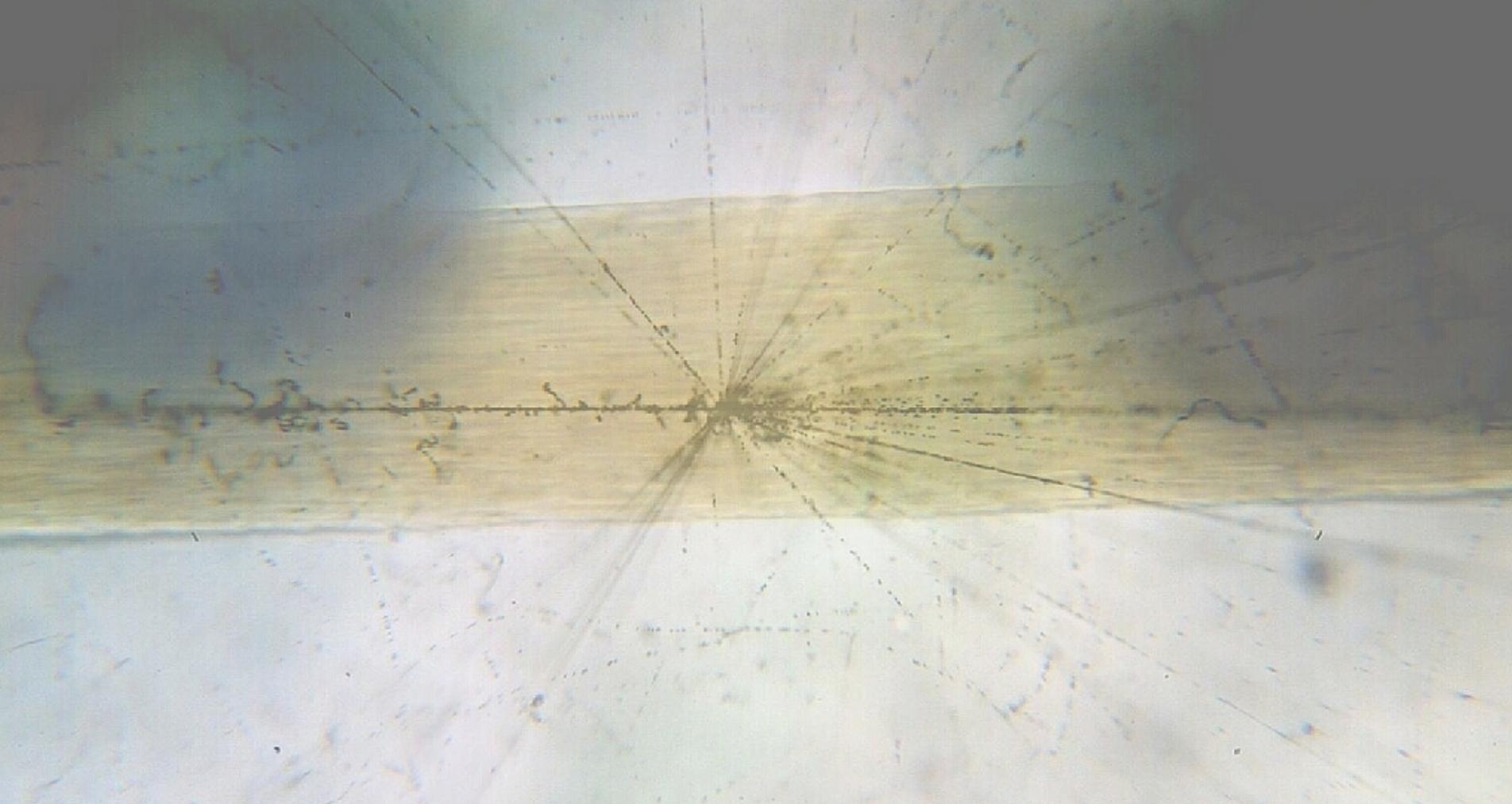


Актуальные задачи проекта

Предлагаемое на 2009-11 гг. продолжение проекта БЕККЕРЕЛЬ должно стать новым этапом изучения легких ядер на границе протонной стабильности. Наиболее приоритетные задачи состоят в исследовании множественной фрагментации радиоактивных ядер ${}^9\text{C}$ и ${}^{12}\text{N}$ в ядерной эмульсии. Подлежащие анализу слои эмульсии уже облучены этими ядрами. Будут продолжены исследования кластерных степеней свободы в ядрах ${}^7,9\text{Be}$, ${}^{8,10,11}\text{B}$, ${}^{14}\text{N}$, ${}^{28}\text{Si}$ и ${}^{32}\text{S}$ на новом уровне статистики и детальности описания. Предполагается осуществить поиск редких каналов диссоциации, идентификация которых может иметь значение для развития физики ядра, а также обоснования новых сценариев нуклеосинтеза в ядерной астрофизике.

Новые облучения ядерной эмульсии будут выполнены во вторичных пучках содержащих изотопы ${}^{10,11}\text{C}$ и формируемых с помощью реакций перезарядки. В рамках экспериментов по облучению предполагается осуществить поиск процесса двойной перезарядки ядер ${}^9\text{Be}$ в ${}^9\text{C}$, связанного с глубокой перегруппировкой нуклонов.

Достоинства метода ядерной эмульсии



Совмещенные микрофотографии взаимодействия релятивистского ядра ^{32}S и волоса полученные с помощью микроскопа МБИ-9 при 60-кратном увеличении и цифровой фотокамеры NIKON.



Введение

Создание пучков стабильных и радиоактивных ядер на ускорителях высоких энергий открывает качественно новые возможности для изучения структурных особенностей атомных ядер и их возбужденных состояний. Среди разнообразия ядерных взаимодействий события периферической диссоциации несут уникальную по полноте информацию о возбужденных состояниях ядер над порогами распадов на нуклоны.

С 2002 г. Сотрудничеством БЕККЕРЕЛЬ осуществляется облучение ядерных эмульсий на вновь формируемых пучках нуклотрона ОИЯИ, включая вторичные пучки радиоактивных ядер. Экспериментальная программа Сотрудничества ориентирована на создание систематических представлений о картине фрагментации стабильных и радиоактивных ядер в периферических взаимодействиях, обеспечивающих наиболее полное наблюдение ядерных фрагментов. Рекордное пространственное разрешение ядерных эмульсий открывает доступ к уникальной информации о кластерных возбуждениях легких ядер вблизи порогов диссоциации. В Сотрудничестве объединены группы, обладающие просмотрными и измерительными микроскопами, а также оборудованием для обработки ядерной эмульсии.

Периферические взаимодействия релятивистских ядер

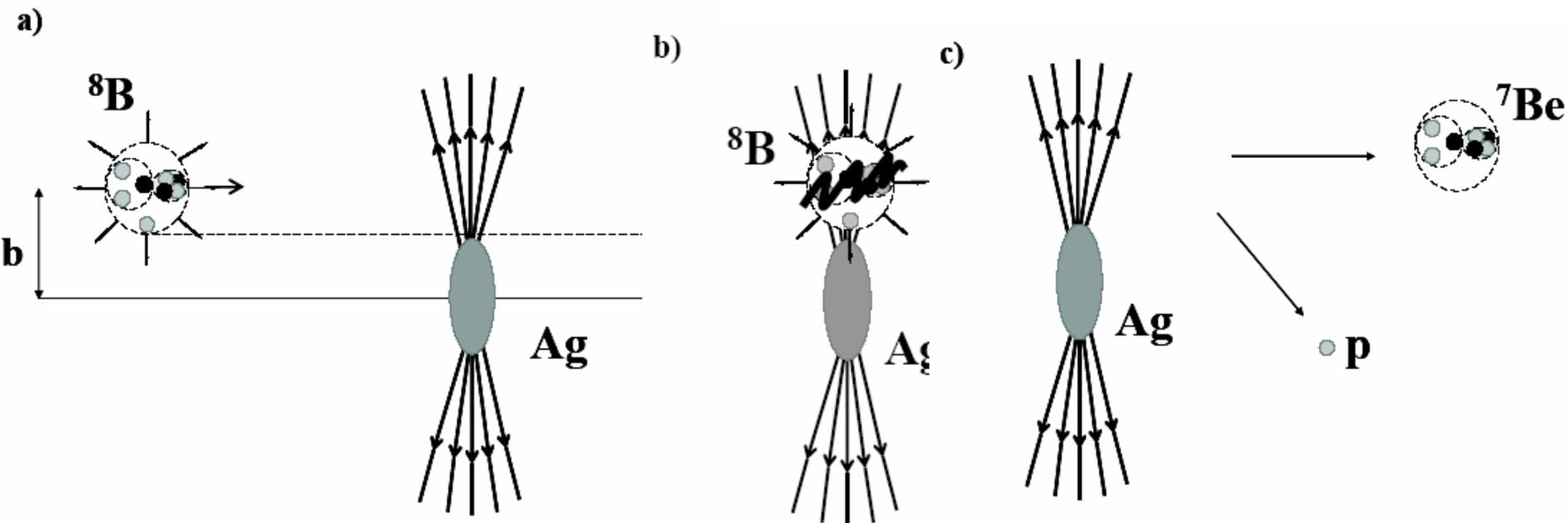
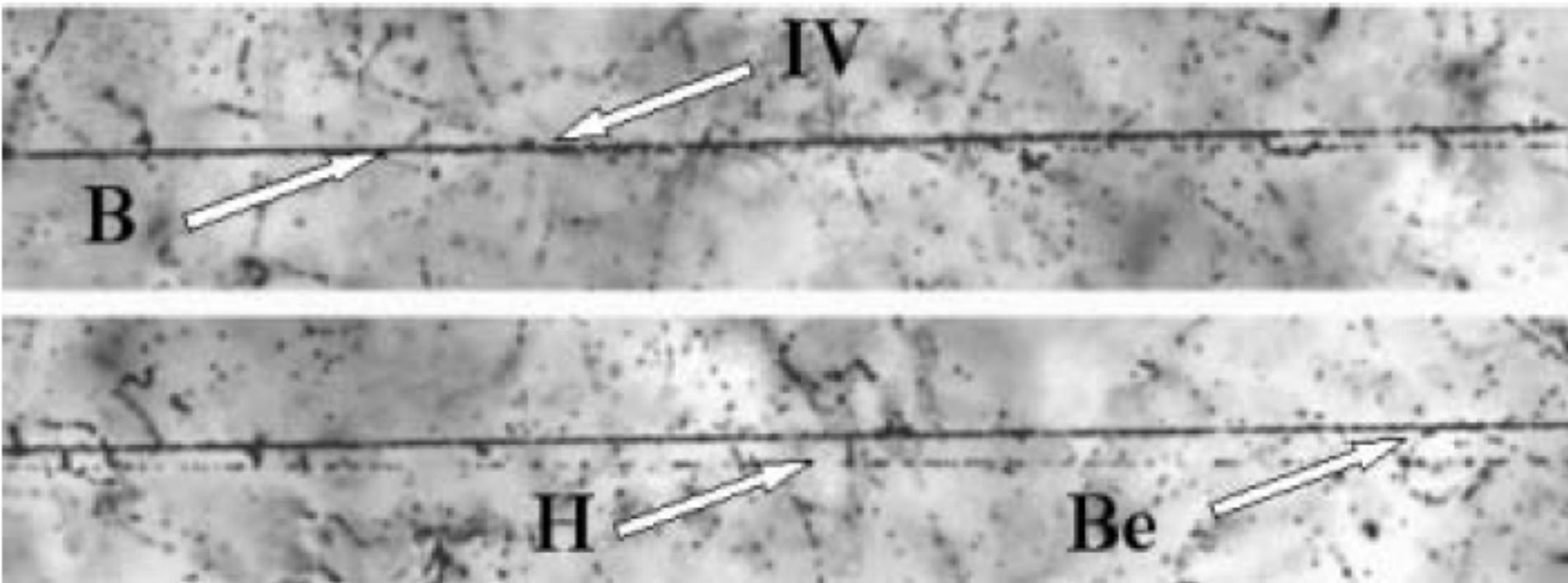
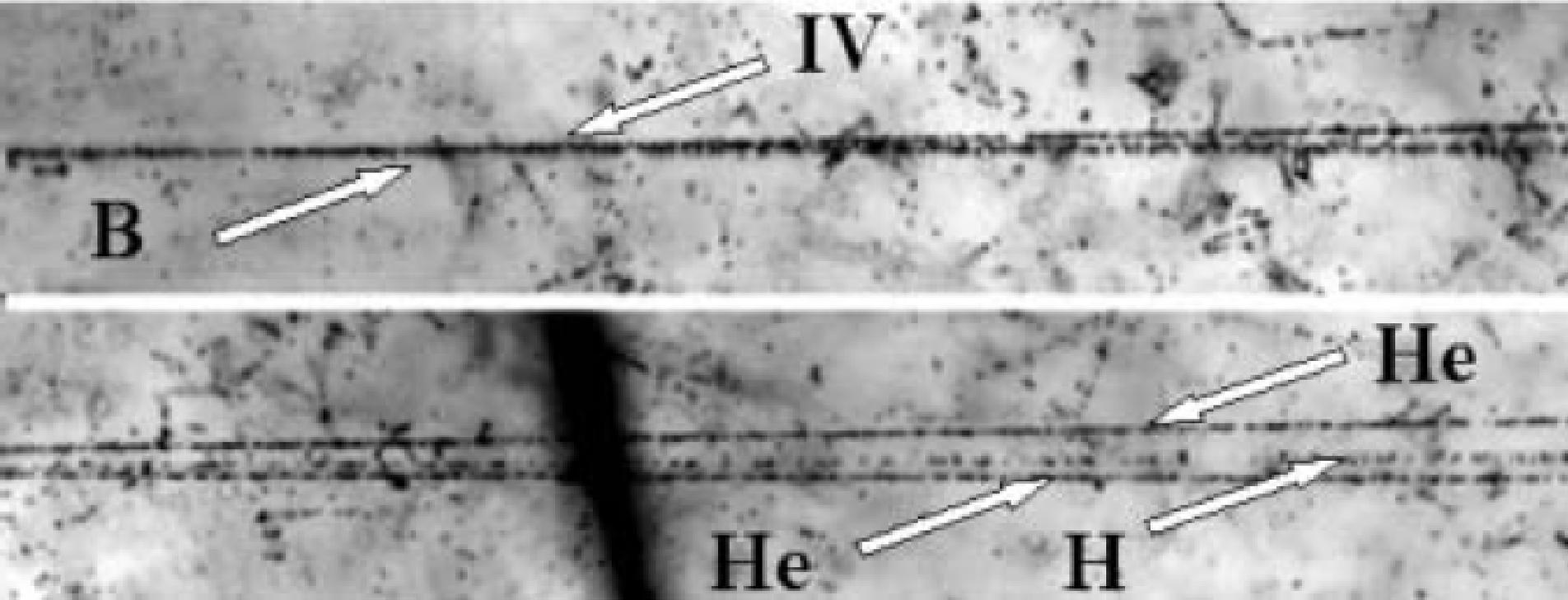


Схема периферической диссоциации релятивистского ядра ${}^8\text{V}$ в электромагнитном поле ядра Ag :

сближение ядер с прицельным параметром b (a),
поглощение ядром ${}^8\text{V}$ квазиреального фотона (b),
диссоциация на два фрагмента p и ${}^7\text{Be}$ (c).

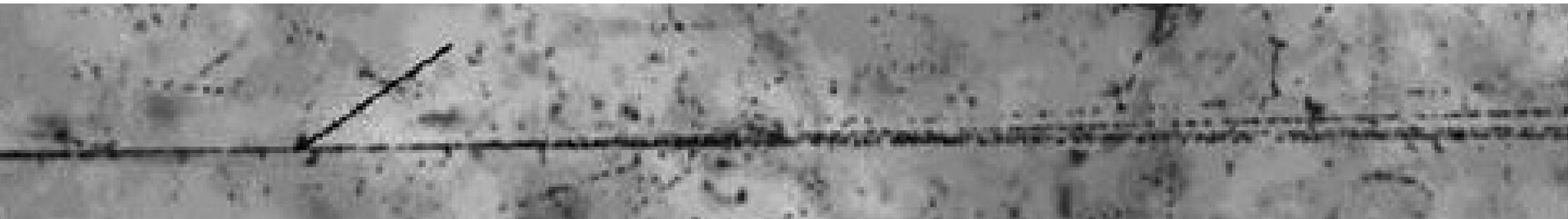
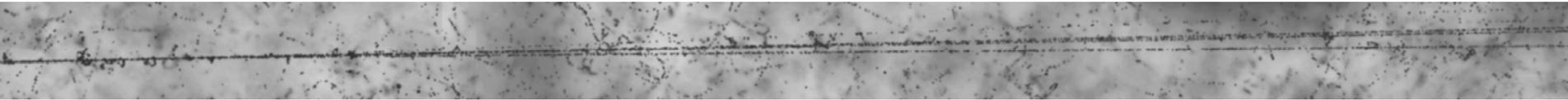
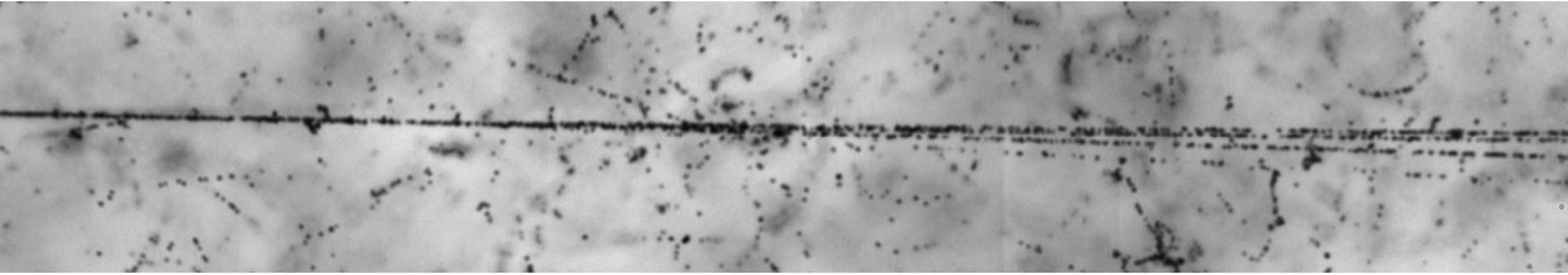


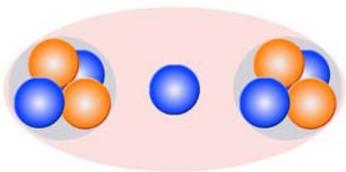
Диссоциация ${}^8\text{B} \rightarrow {}^7\text{Be} + p$ с энергией 1.2 A ГэВ в периферическом взаимодействии на ядре эмульсии. На верхней фотографии указана вершина взаимодействия IV. При смещении по направлению струи фрагментов (нижняя фотография) можно различить фрагмент *Be* и фрагмент *H*.



Диссоциация ${}^8\text{V} \rightarrow 2\text{He} + \text{H}$ с энергией 1.2 A ГэВ в периферическом взаимодействии на ядре эмульсии. На верхней фотографии видна вершина взаимодействия и струя фрагментов в узком угловом конусе. При смещении по направлению струи фрагментов (нижняя фотография) можно различить 2 фрагмента He и фрагмент H (трек в середине).

NUCLOTRON: 2.1 A GeV ^{14}N

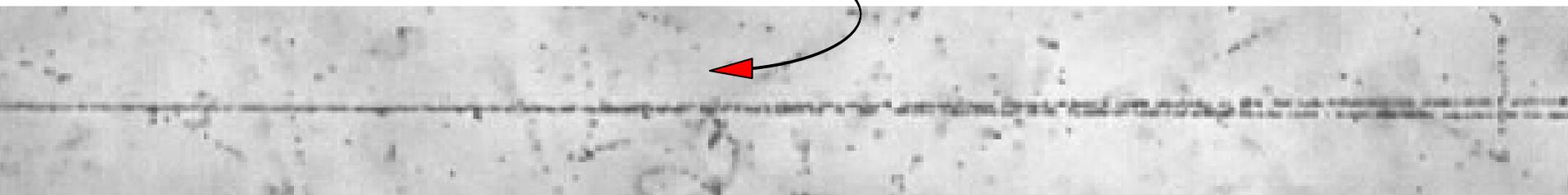
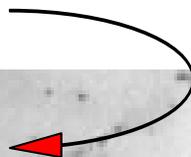




370 events 1.2 A GeV ${}^9\text{Be} \rightarrow 2\text{He}$

+1.7 MeV

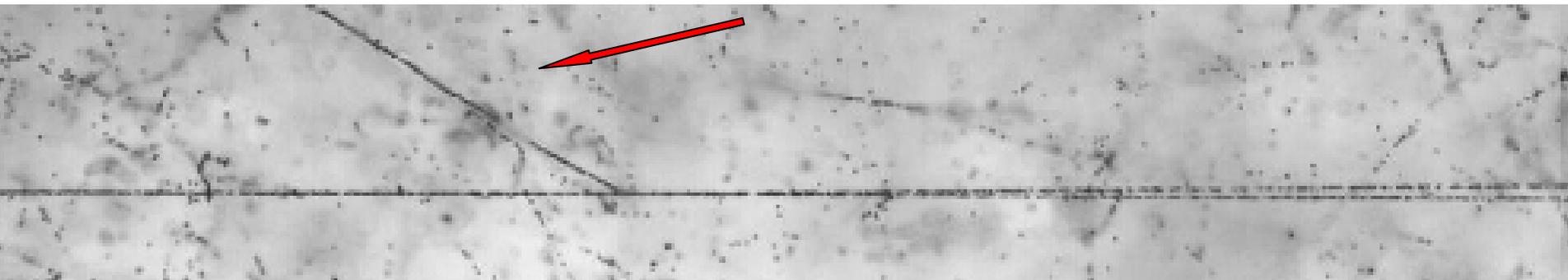
144 “white” stars



27 stars with target proton recoil (g-particle)



39 stars with heavy fragment of target nucleus (b-particle)



НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

СОТРУДНИЧЕСТВА В 2005-7 гг.

Т. В. Щедрина, В. Баднова, А. Вокалова, С. Вокал, П. И. Зарубин, И. Г. Зарубина, А. Д. Коваленко, А. И. Малахов, Г. И. Орлова, П. А. Рукояткин, В. В. Русакова, М. Хайдук, С. П. Харламов, М. М. Чернявский, Периферические взаимодействия релятивистских ядер ^{14}N с ядрами фотоэмульсии, Ядерная физика, 70 №7 1271(2007); перевод на англ. яз. T. V. Shchedrina et al., Phys. At. Nucl., 70, 1230 (2007); arXiv:nucl-ex/0605022.

N. P. Andreeva, D. A. Artemenkov, V. Bradnova, M. M. Chernyavsky, A. Sh. Gaitinov, N. A. Kachalova, S. P. Kharlamov, A. D. Kovalenko, M. Haiduc, S. G. Gerasimov, L. A. Goncharova, V. G. Larionova, A. I. Malakhov, A. A. Moiseenko, G. I. Orlova, N. G. Peresadko, N. G. Polukhina, P. A. Rukoyatkin, V. V. Rusakova, V. R. Sarkisyan, T. V. Shchedrina, E. Stan, R. Stanoeva, I. Tsakov, S. Vokal, A. Vokalova, P. I. Zarubin, I. G. Zarubina, Clustering in light nuclei in fragmentation above 1A GeV, Eur. Phys. J. A27 S1 295(2006), arXiv:nucl-ex/0604003.

Д. А. Артеменков, В. Баднова, П. И. Зарубин, И. Г. Зарубина, Н. А. Качалова, А. Д. Коваленко, А. И. Малахов, Г. И. Орлова, М. М. Чернявский, П. А. Рукояткин, Р. Станоева, В. В. Русакова, Е. Стан, М. Хайдук, С. П. Харламов, И. Цаков, Т. В. Щедрина, Особенности фрагментации ^9Be в 2He при энергии 1.2A ГэВ, Ядерная физика, 70 №7 1222(2007); перевод на англ. яз. D. A. Artemenkov et al., Phys. At. Nucl., 70, 1226 (2007); arXiv:nucl-ex/0605018v1.

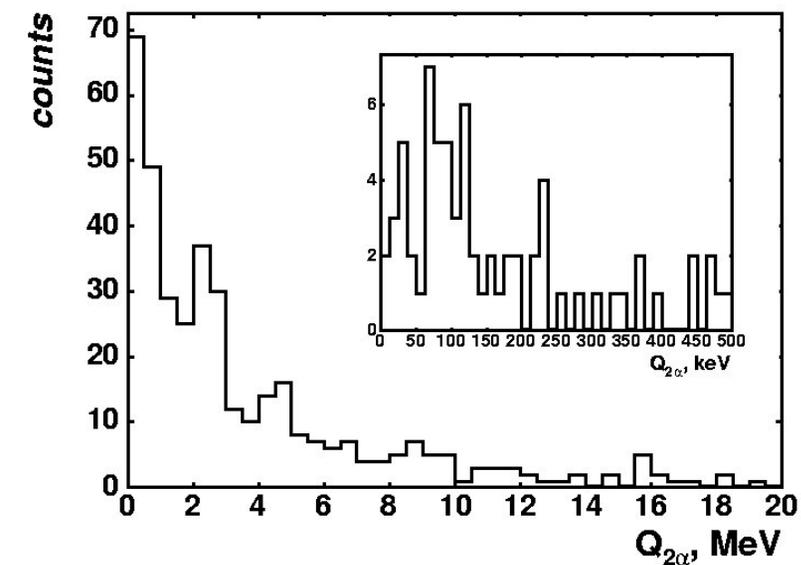
Н. Г. Пересадько, Ю. А. Александров, В. Баднова, С. Вокал, С. Г. Герасимов, В. А. Дронов, П. И. Зарубин, И. Г. Зарубина, А. Д. Коваленко, В. Г. Ларионова, А. И. Малахов, П. А. Рукояткин, В. В. Русакова, С. П. Харламов, В. Н. Фетисов, Каналы фрагментации релятивистских ядер ^7Be в периферических взаимодействиях, Ядерная физика, 70 №7 1226(2007); перевод на англ. яз. D. A. Artemenkov et al., Phys. At. Nucl., 70, 1266(2007); arXiv:nucl-ex/0605014.

Р. Станоева, В. Баднова, С. Вокал, П. И. Зарубин, И. Г. Зарубина, Н. А. Качалова, А. Д. Коваленко, А. И. Малахов, Г. И. Орлова, Н. Г. Пересадько, П. А. Рукояткин, В. В. Русакова, Е. Стан, М. Хайдук, С. П. Харламов, И. Цаков, Т. В. Щедрина, Периферическая фрагментация ядер ^8B с энергией 1.2A ГэВ в ядерной эмульсии, Ядерная физика, 70 №7 1255(2007); перевод на англ. яз. R. Stanoeva et al., Phys. At. Nucl., 70, 1216 (2007); arXiv:nucl-ex/0605013v3.

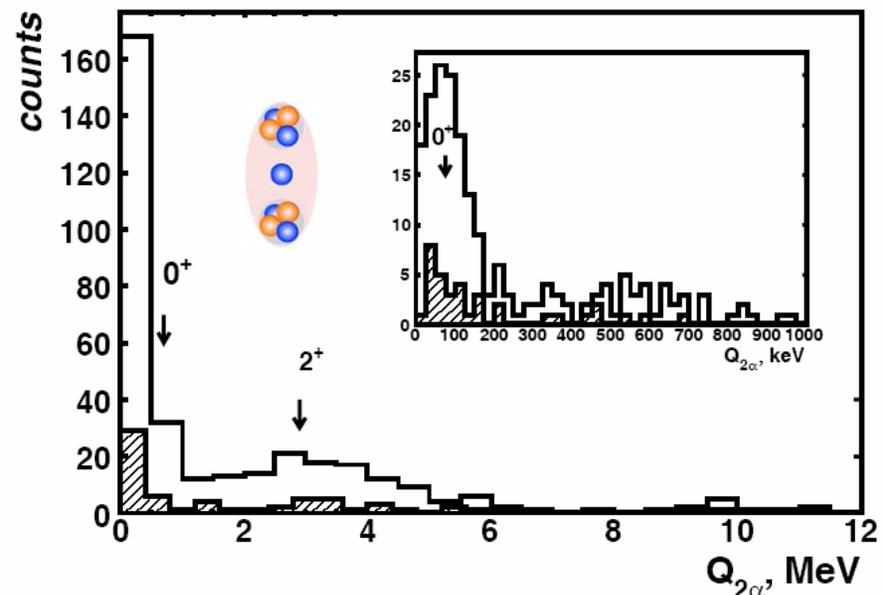
D. A. Artemenkov, T. V. Shchedrina, R. Stanoeva, and P. I. Zarubin, Clustering features of ^9Be , ^{14}N , ^7Be , and ^8B nuclei in relativistic fragmentation, AIP Conf. Proc. 912, 78(2007); arXiv: 0704.0384.

P. A. Rukoyatkin, L. N. Komolov, R. I. Kukushkina, V. N. Ramzhin, «Beams of relativistic nuclear fragments at the Nuclotron accelerator facility»; Czechoslovak Journal of Physics, Supplement C, Vol. 56, C379 (2006).

^{14}N : 3α systems



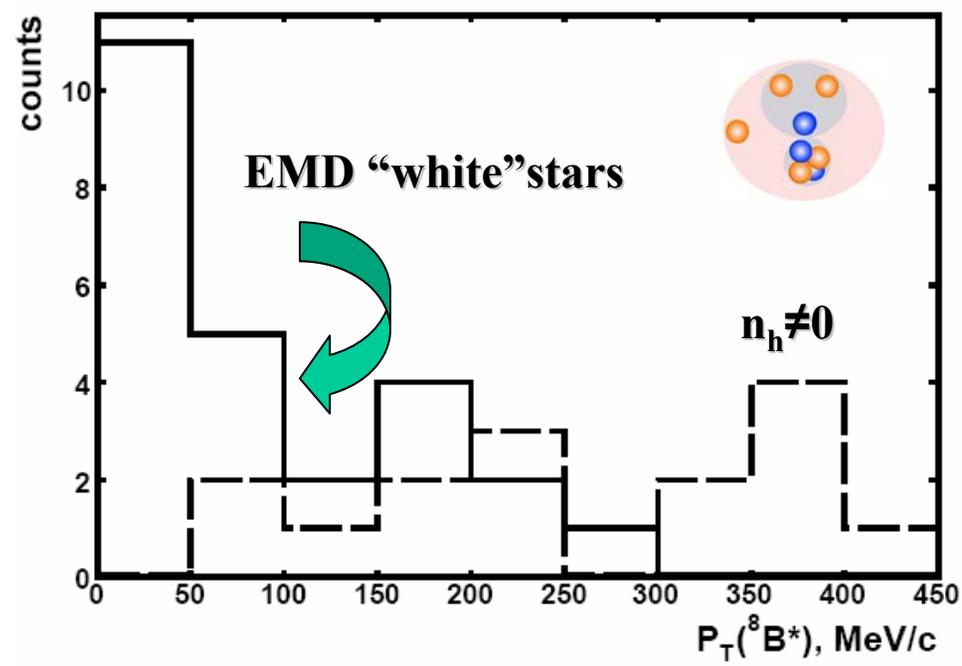
^9Be : Invariant mass distribution of 371 α -pairs



^7Be : fragmentation topology

Channel	2He		He+2H		4H		Li+H		Sum
	$n_b = 0$	$n_b > 0$							
$^3\text{He}+^4\text{He}$	30	11							41
$^3\text{He}+^3\text{He}$	11	7							18
$^4\text{He}+2p$			13	9					22
$^4\text{He}+d+p$			10	5					15
$^3\text{He}+2p$			9	9					18
$^3\text{He}+d+p$			8	10					18
$^3\text{He}+2d$			1						1
$^3\text{He}+t+p$			1						1
$3p+d$						2			2
$2p+2d$						1			1
$^6\text{Li}+p$							9	3	12
Sum	41	18	42	33	2	1	9	3	149

^8B : Total P_T ($^7\text{Be}+p$)



Физическая программа проекта BESQUEREL-C

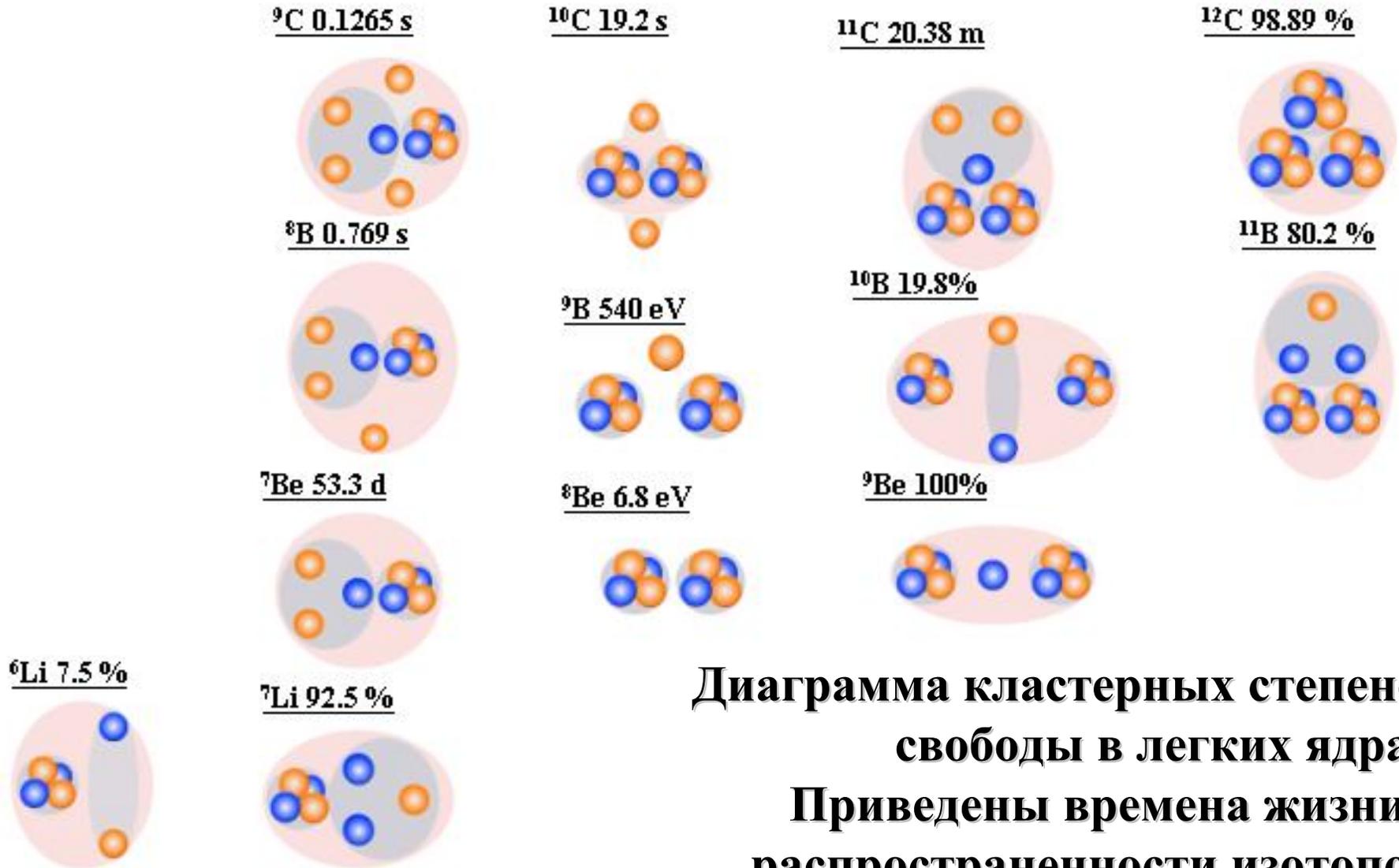
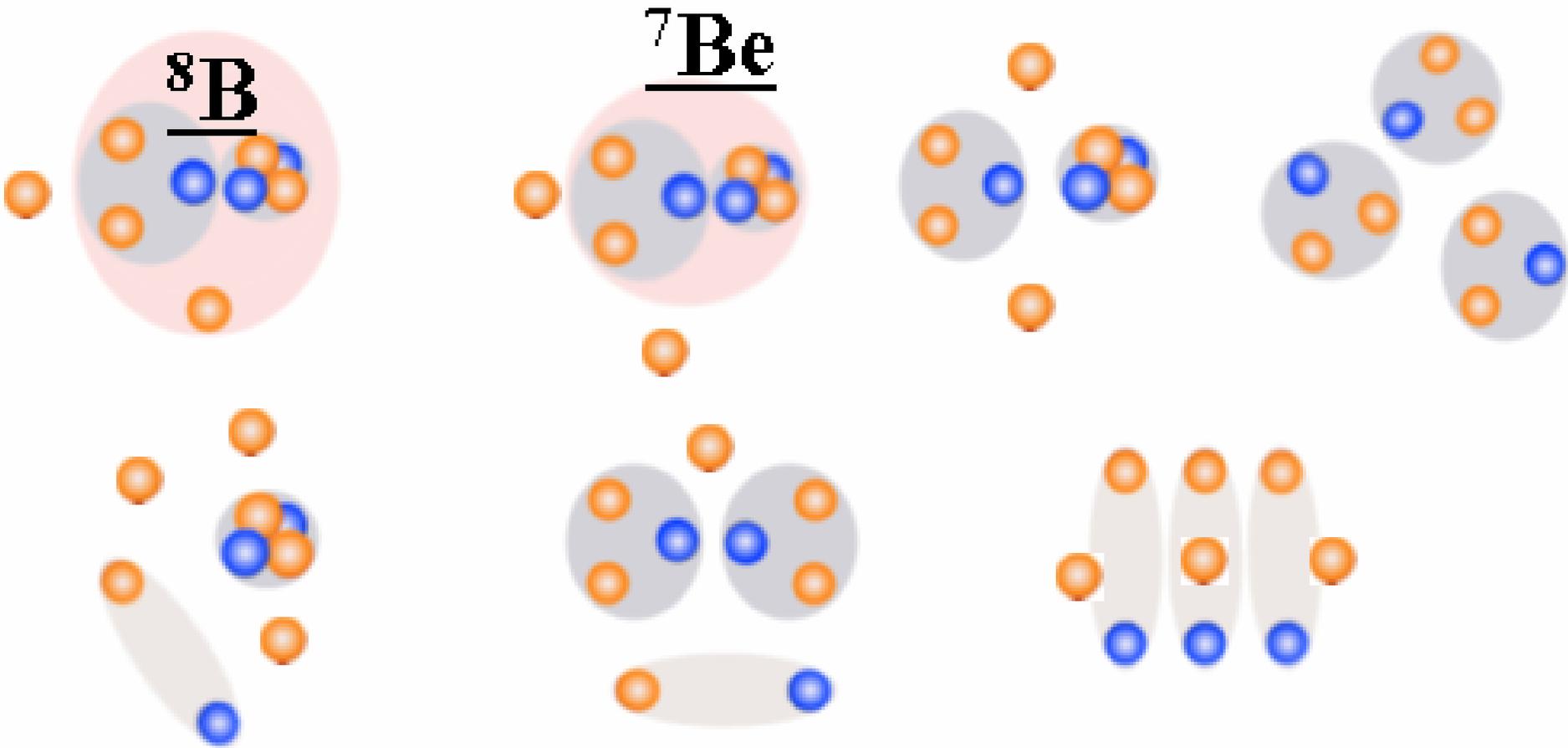


Диаграмма кластерных степеней
свободы в легких ядрах.
Приведены времена жизни и
распространенности изотопов.

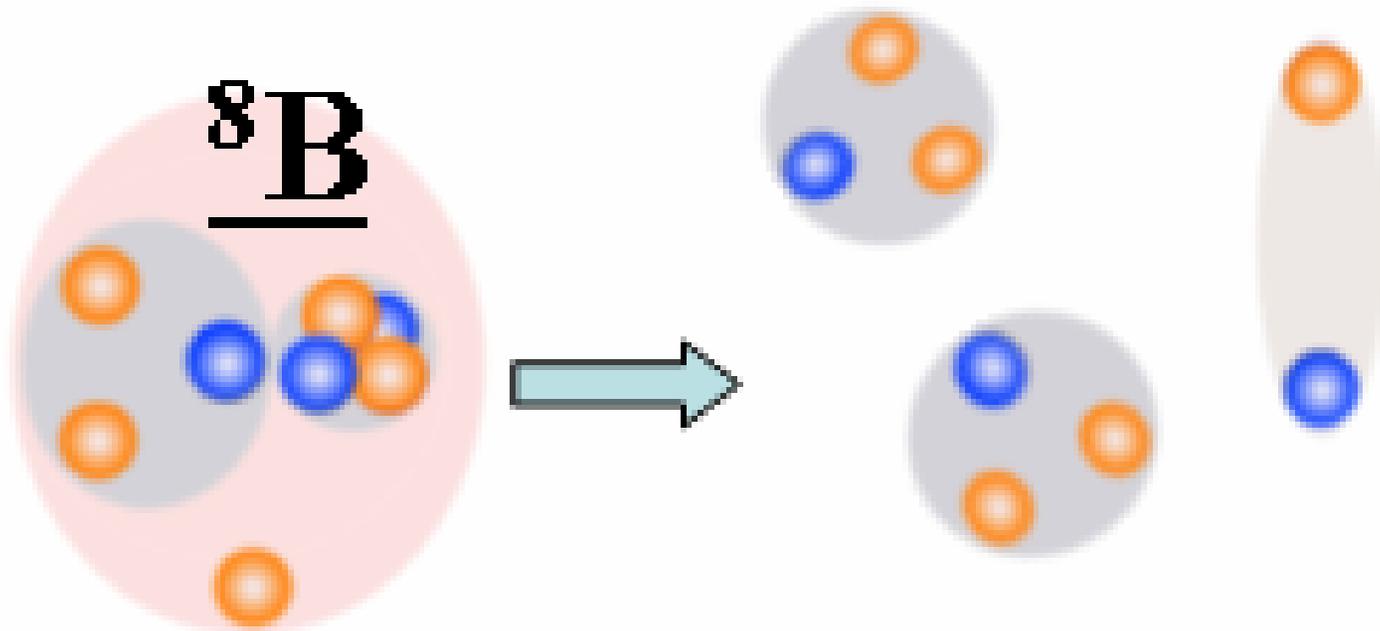
Анализ облучения ядрами ${}^9\text{C}$



Поиск кластерной диссоциации



Каналы фрагментации	$n_s = 0$				
	$n_g = 0, n_b = 0$	$n_g = 1, n_b = 0$	$n_g = 0, n_b = 1$	$n_g > 1, n_b = 0$	$n_g = 0; n_b > 1$
He + 3H	12	6	8	-	8
2He + H	14	3	8	-	7
Be + H	25	1	3	1	4
B	1	1	8	1	2



Анализ фрагментации

${}^9\text{Be} + p \rightarrow 2\alpha$ на новом уровне

СТАТИСТИКИ

$Q_{2\alpha}, \text{MeV}$	$n_s = 0 (n_s \neq 0)$										
	$n_g=0, m_b=0$	$n_g=1, m_b=0$	$n_g=0, m_b=1$	$n_g=0, m_b=2$	$n_g=0, m_b=3$	$n_g=0, m_b=4$	$n_g=0, m_b=5$	$n_g=0, m_b=6$	$n_g>0, m_b>0$	$n_g>1, m_b=0$	$n_g=1, m_b=3$
$Q_{2\alpha} \leq 1$	98 (20)	10 -	21 (6)	8 (2)	1 (4)	3 -	1 -	- -	22 (6)	3 -	4 (1)
$1 < Q_{2\alpha} \leq 4$	33 (7)	10 (5)	14 (1)	3 (5)	2 -	1 (1)	- -	1 -	11 (3)	2 (2)	2 (2)
$Q_{2\alpha} > 4$	13 (5)	7 (1)	4 (3)	2 (3)	2 -	3 (1)	1 -	- -	7 (3)	- (1)	- -

Анализ облучения ядрами ^{12}N

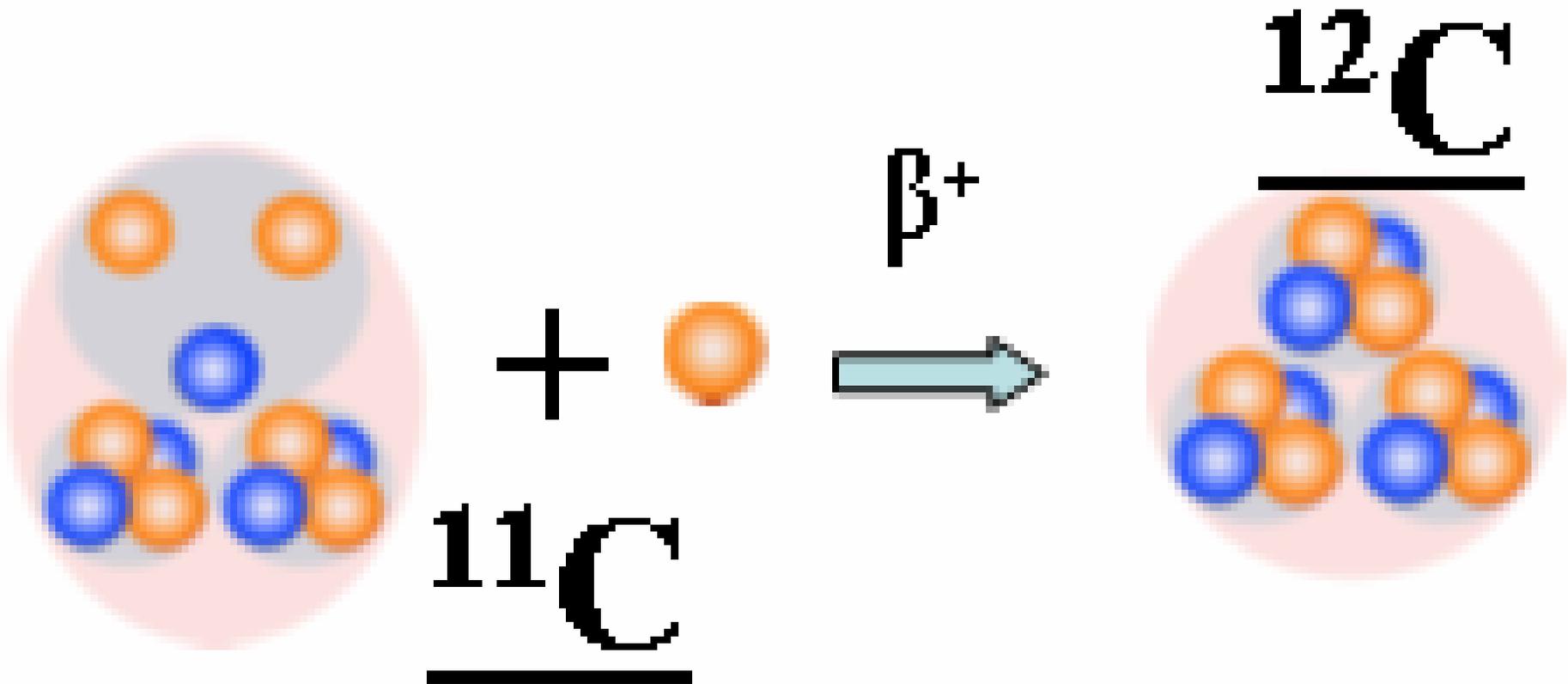
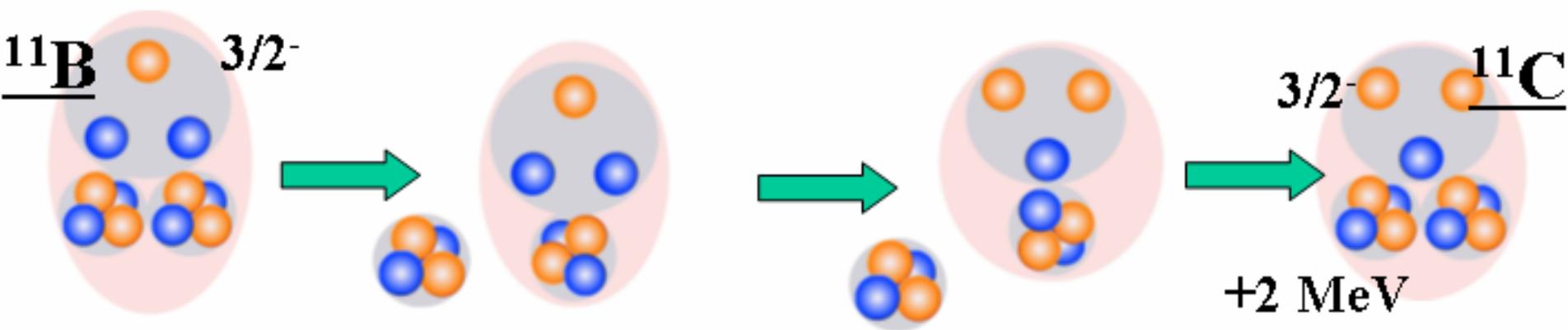
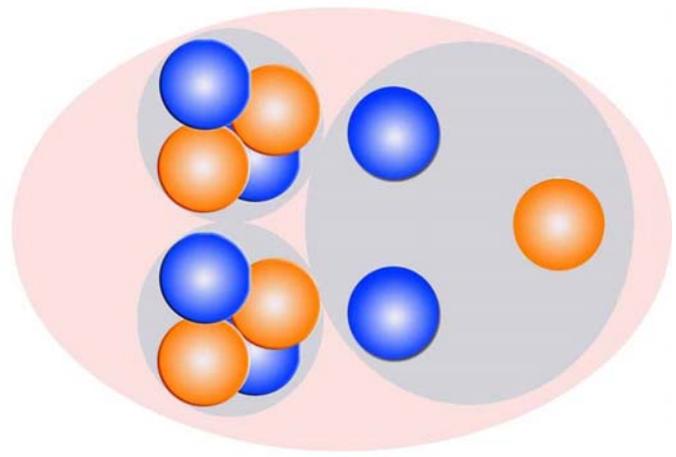
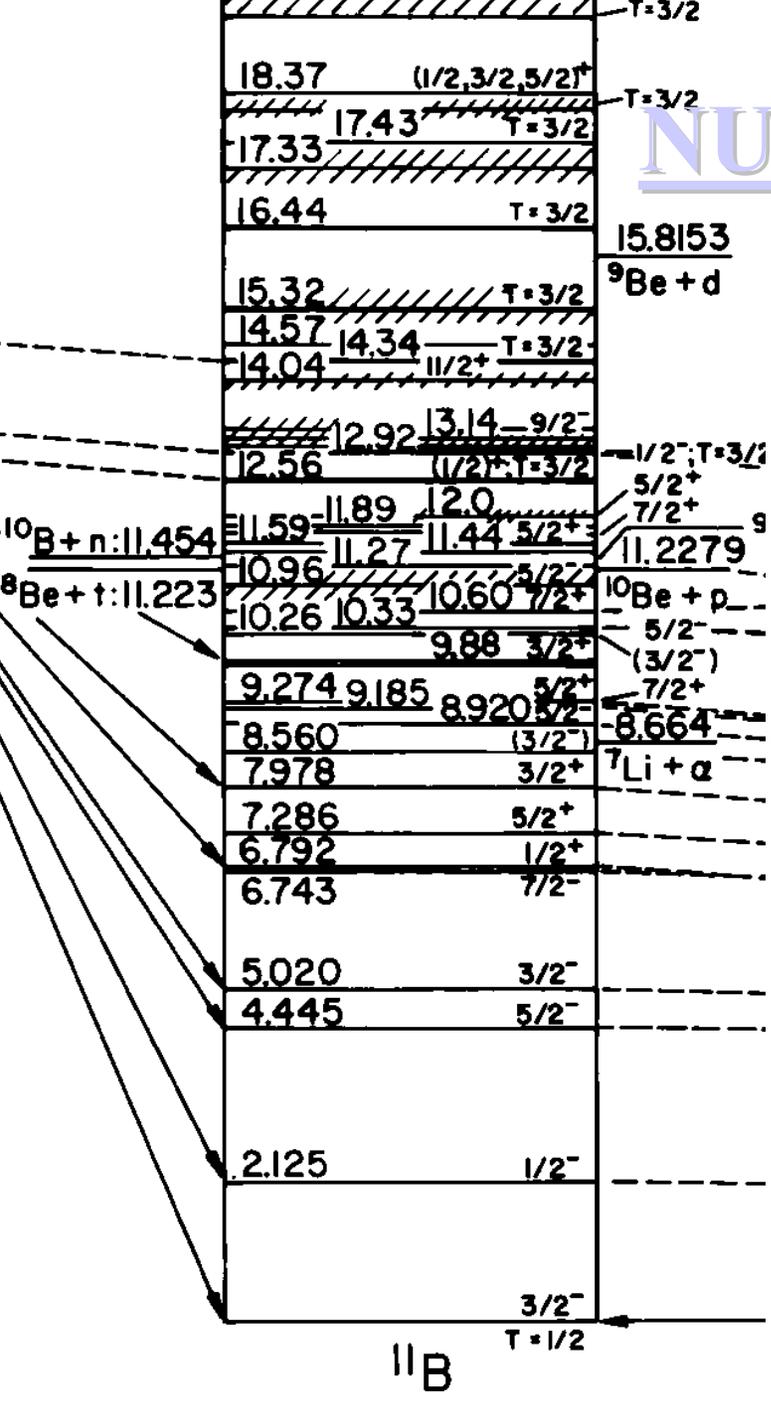


Диаграмма слияния $p + ^{11}\text{C}$ с распадом в ядро ^{12}C .

Облучение эмульсии ядрами ^{11}C

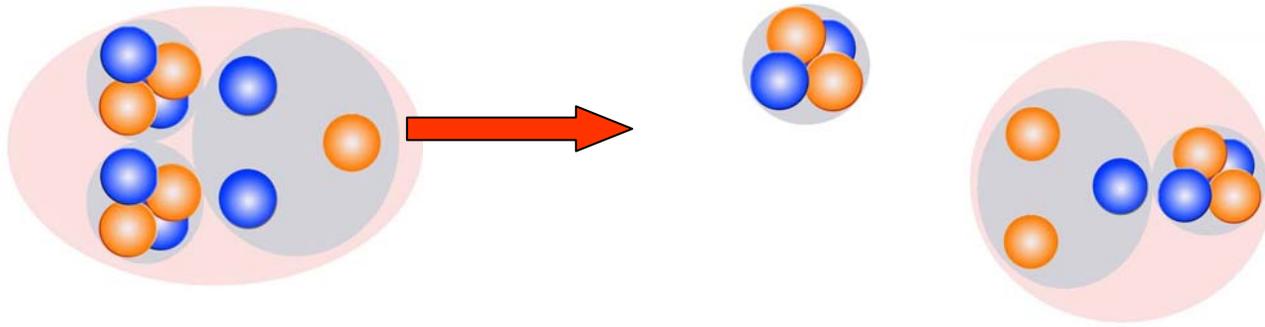


NUCLOTRON: 1.2A GeV ^{11}B

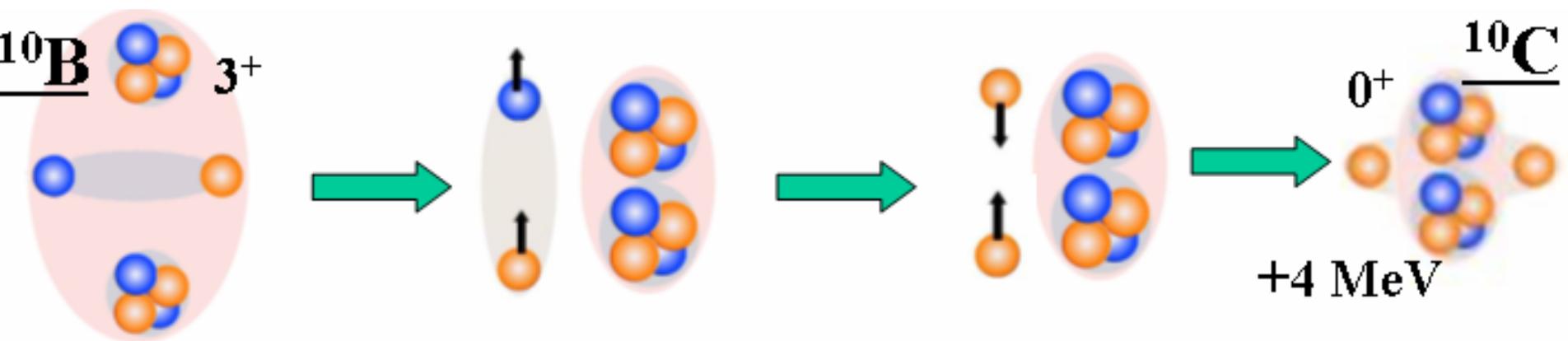


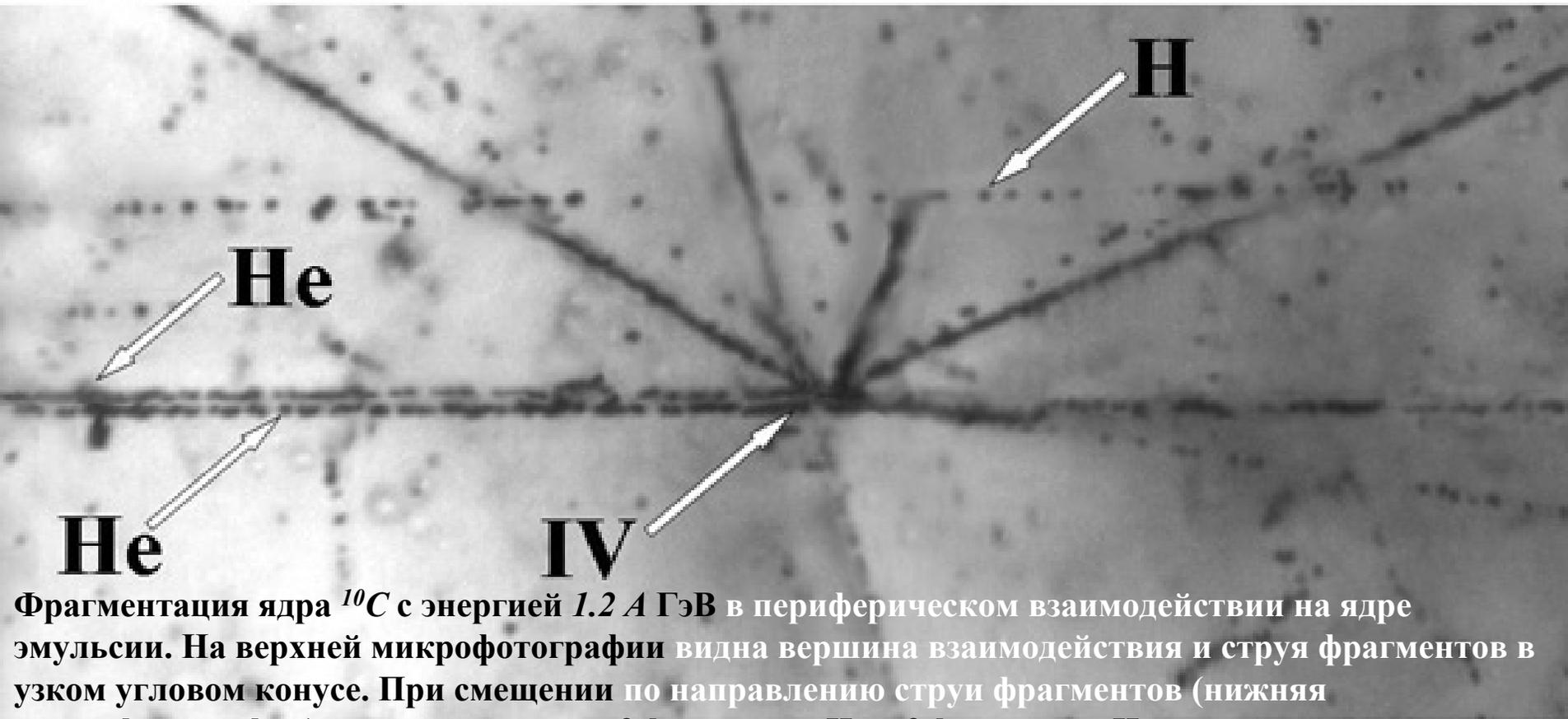
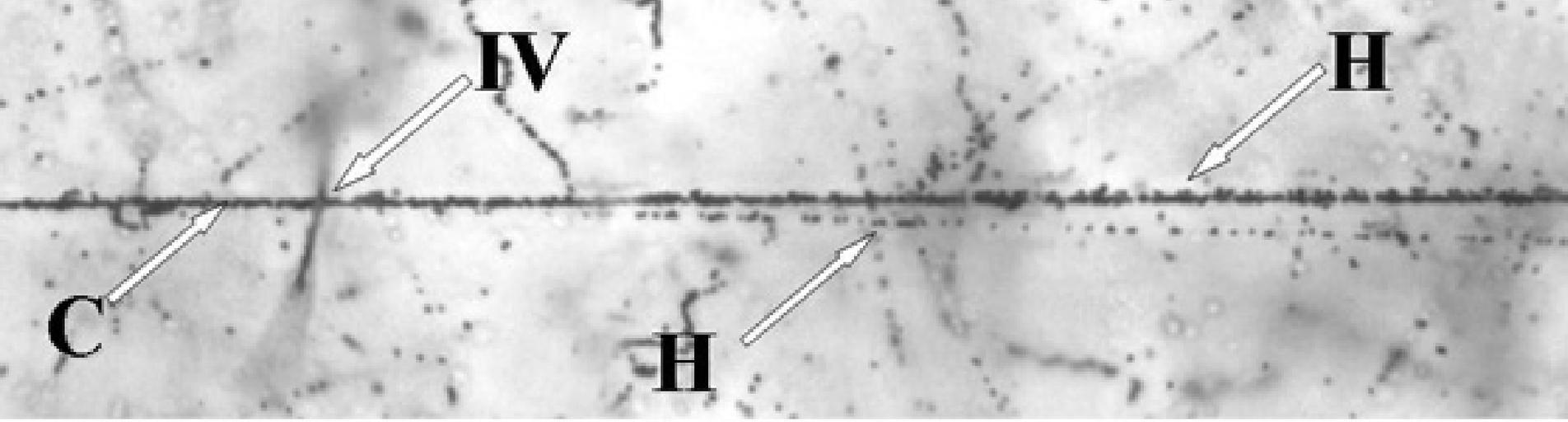
$N_{Z=5}$	$N_{Z=4}$	$N_{Z=3}$	$N_{Z=2}$	$N_{Z=1}$	N_{ws}	N_{tf}
1					1	1
	1			1	2	9
		1	1		0	3
		1		2	0	5
			1	3	5	12
			2	1	13	30
				5	0	0

Total: 21 60

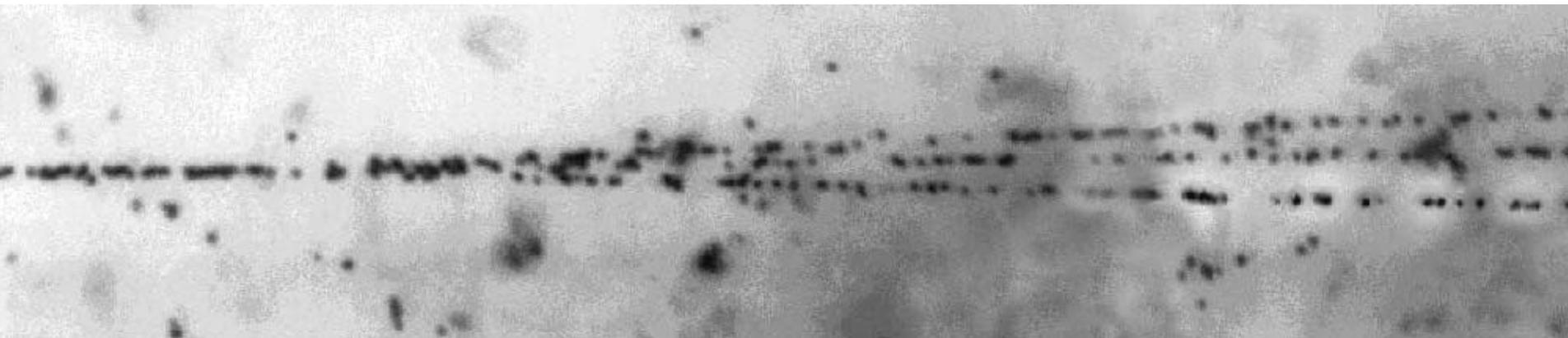
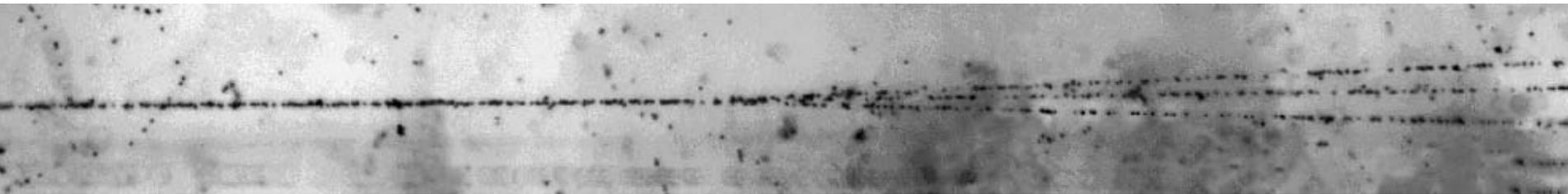
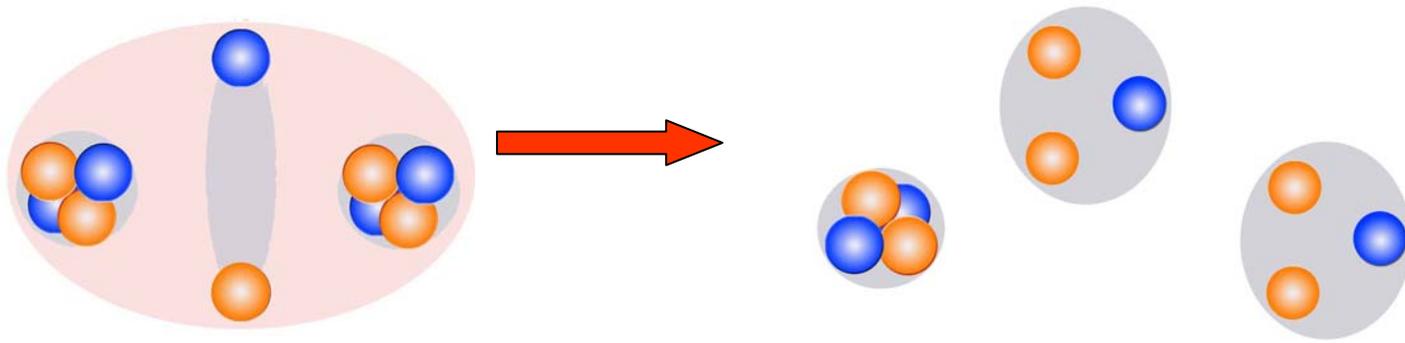


Облучение эмульсии ядрами ^{10}C

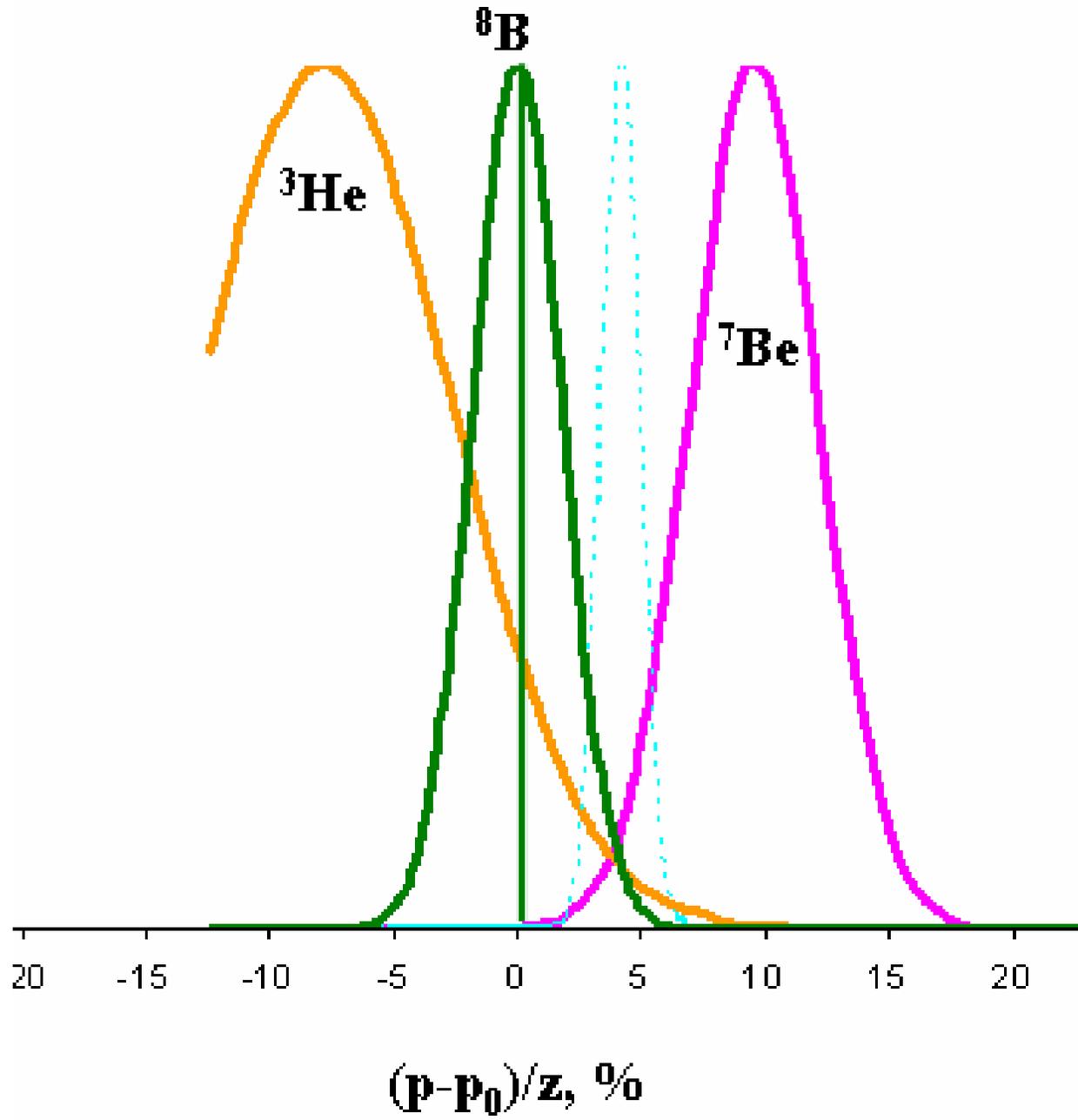




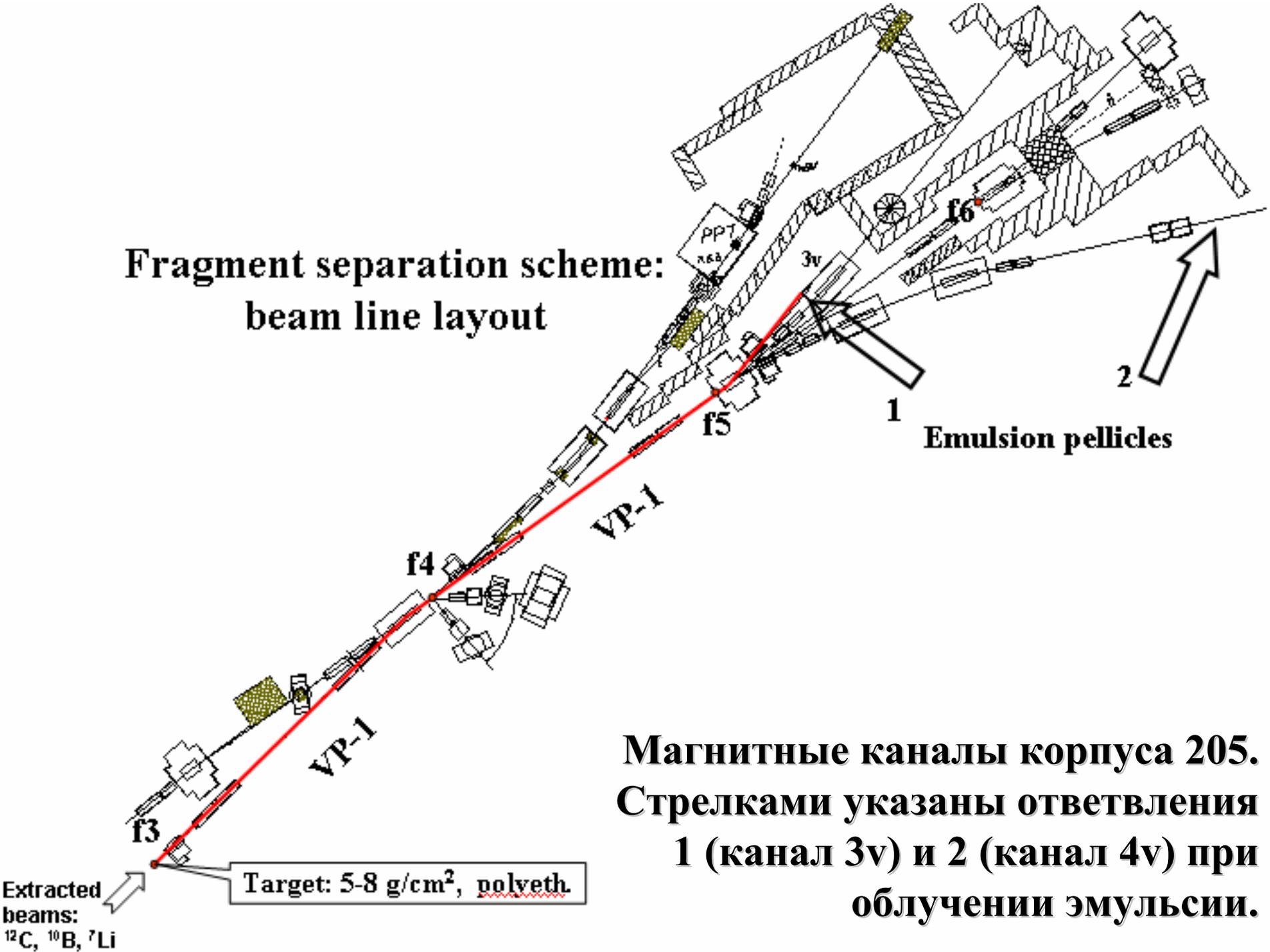
Фрагментация ядра ^{10}C с энергией 1.2 A ГэВ в периферическом взаимодействии на ядре эмульсии. На верхней микрофотографии видна вершина взаимодействия и струя фрагментов в узком угловом конусе. При смещении по направлению струи фрагментов (нижняя микрофотография) можно различить 2 фрагмента *He* и 2 фрагмента *H*.



Особенности формирования вторичных пучков



**Fragment separation scheme:
beam line layout**

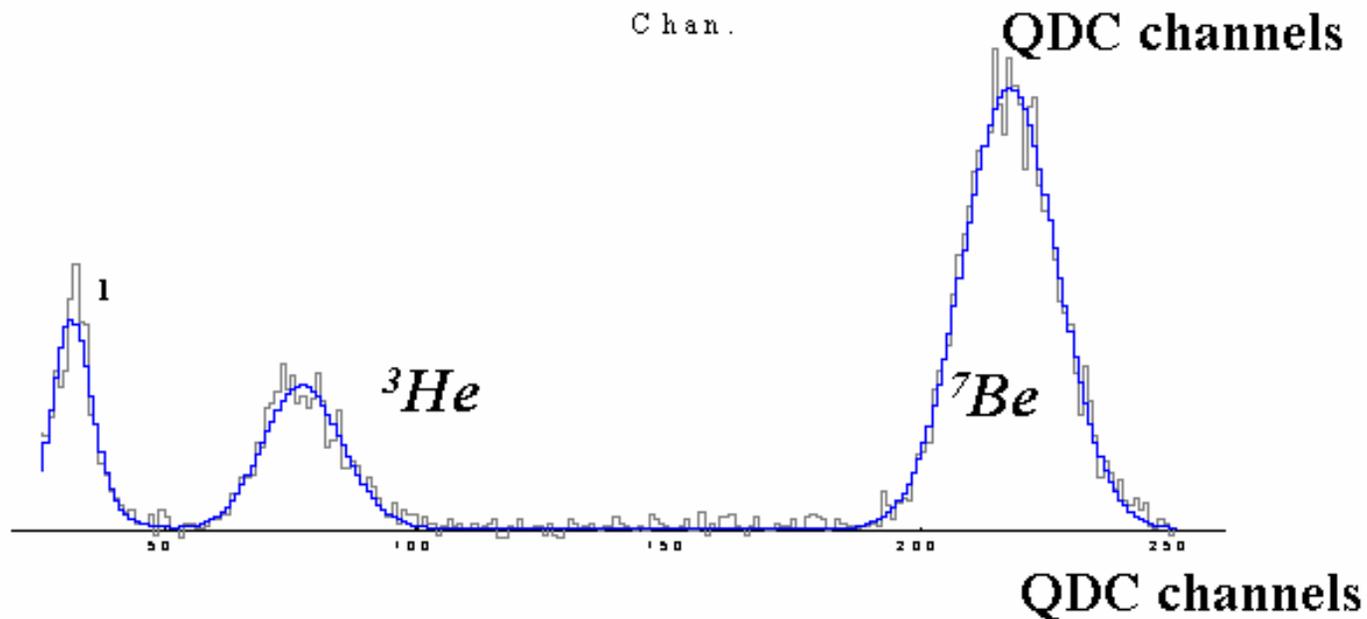
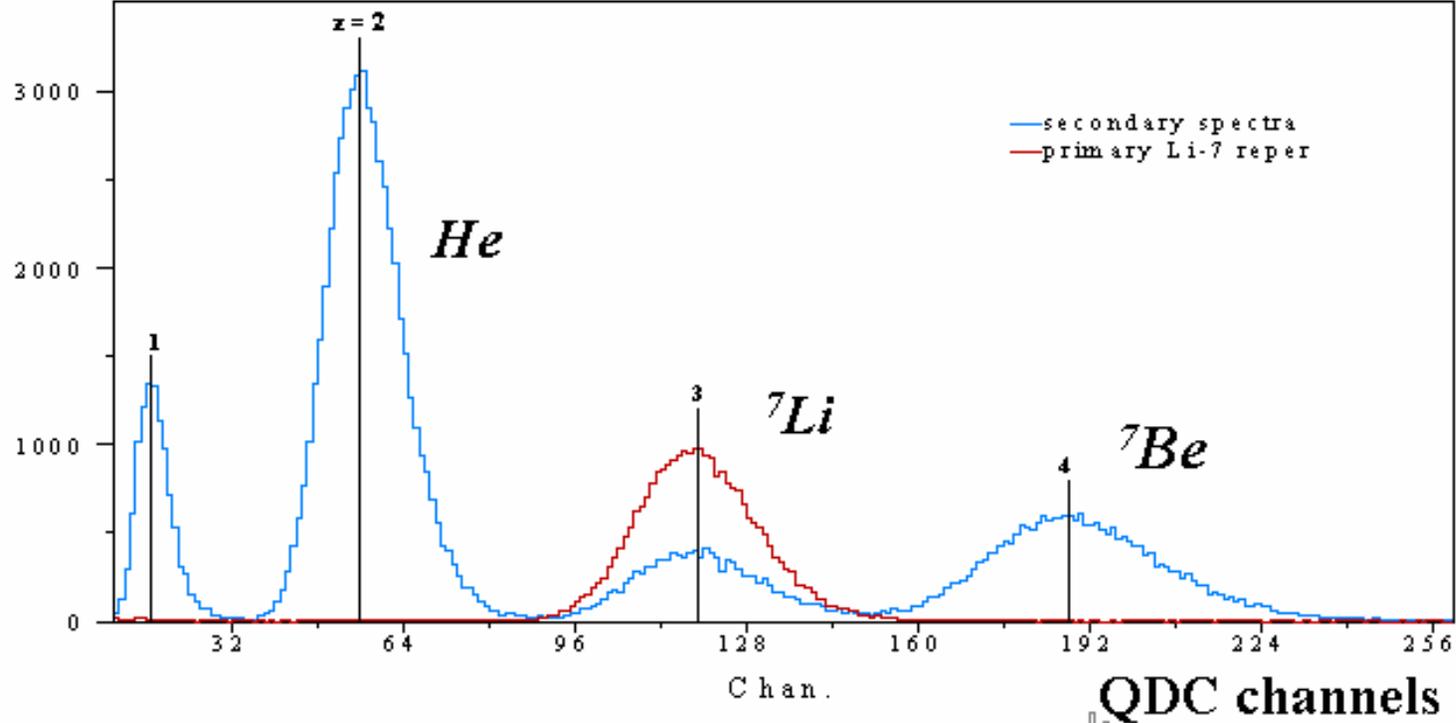


Extracted
beams:
 ^{12}C , ^{10}B , ^7Li

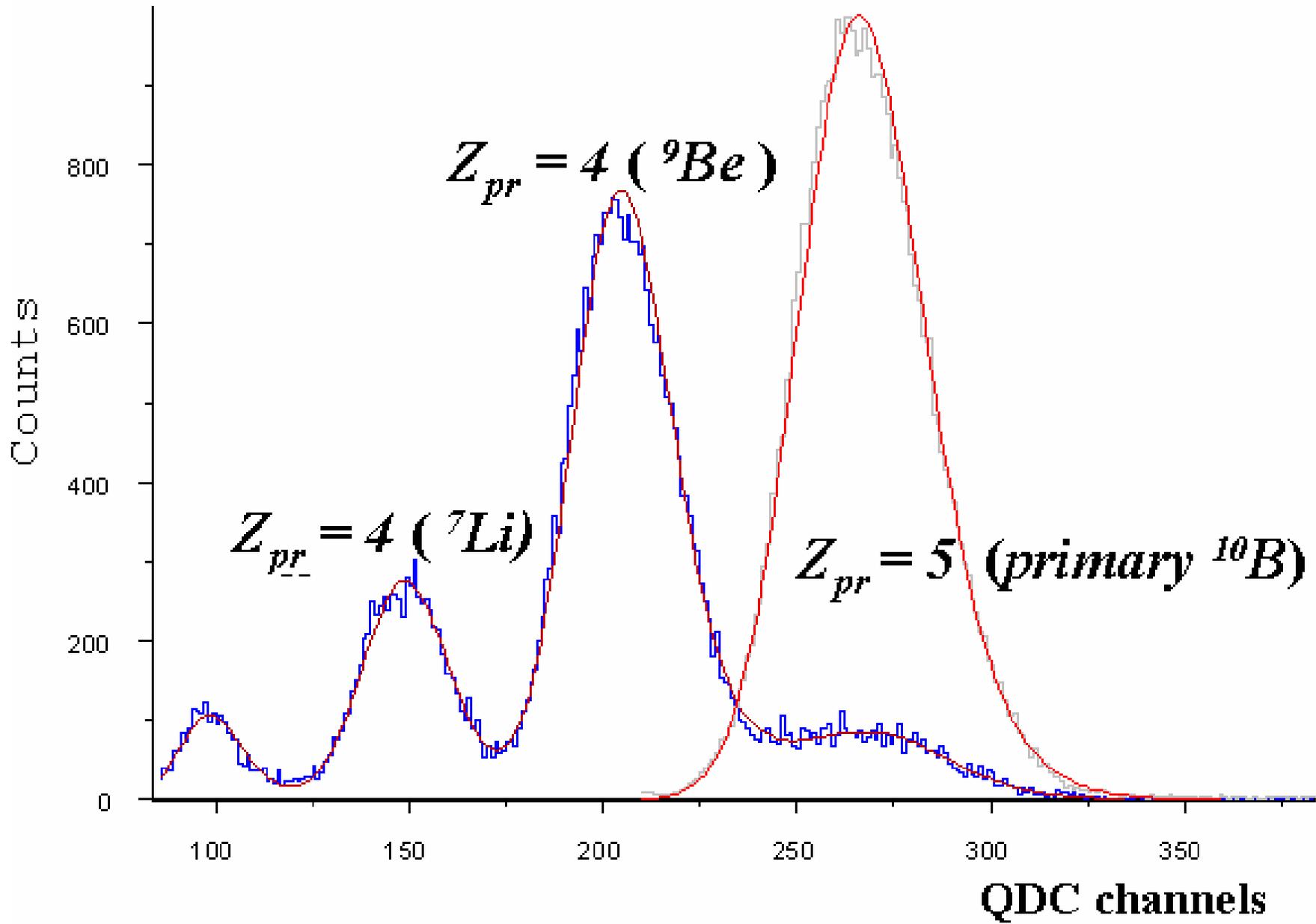
Target: 5-8 g/cm², polveth.

Emulsion pellicles

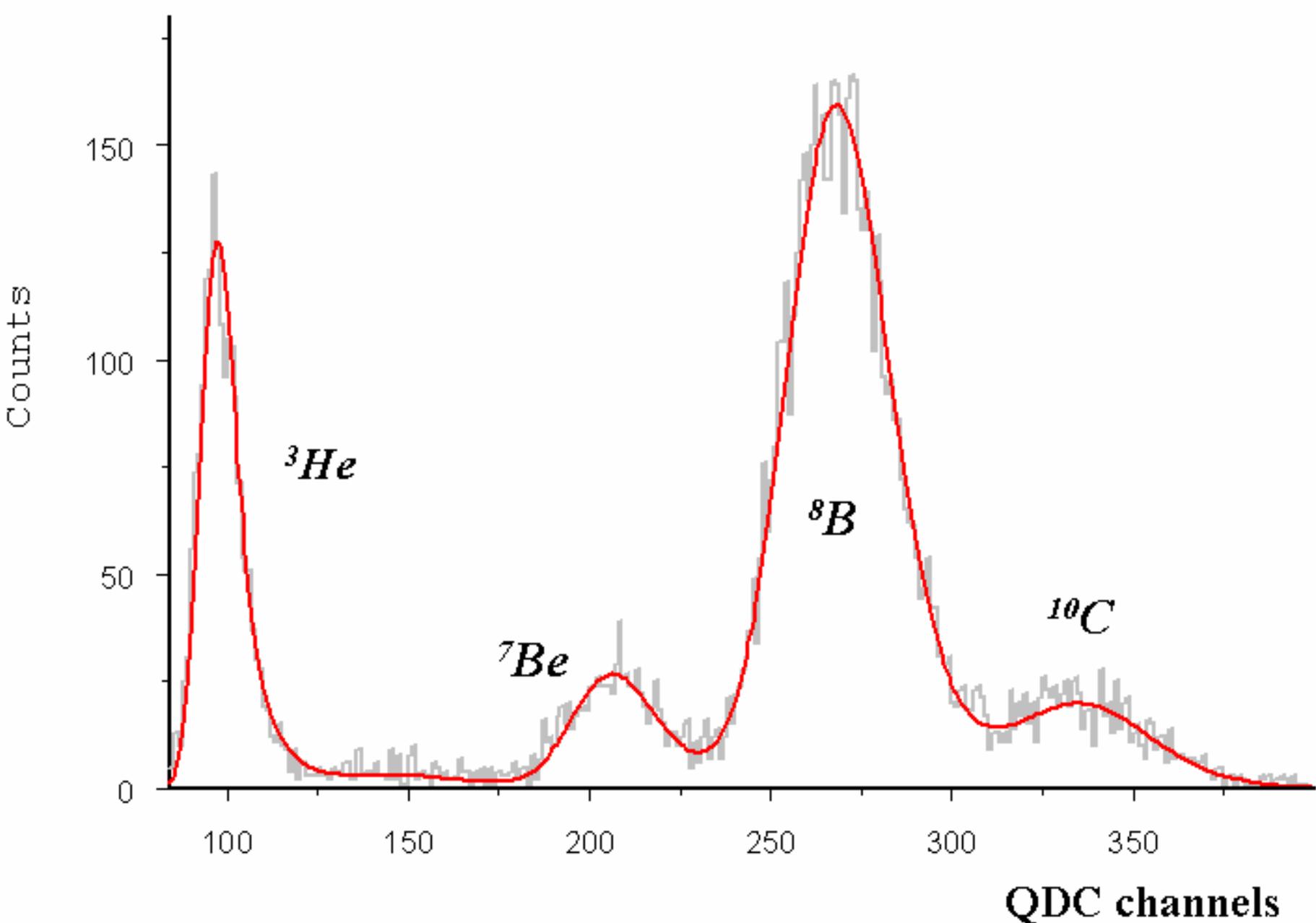
**Магнитные каналы корпуса 205.
Стрелками указаны ответвления
1 (канал 3v) и 2 (канал 4v) при
облучении эмульсии.**



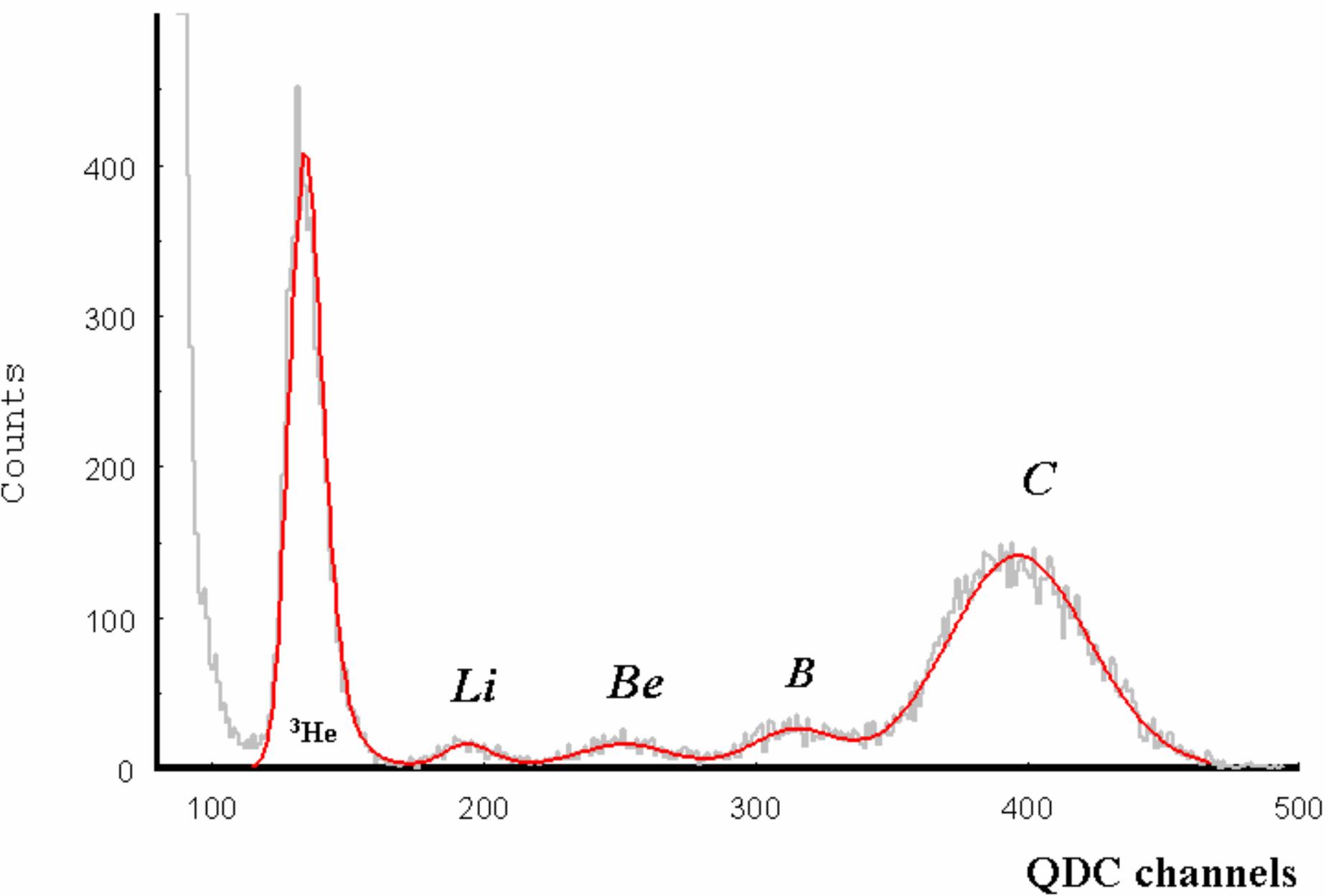
Зарядовые спектры со сцинтилляционного монитора при формировании вторичного пучка с кратностью $Z_{pr}/A_{pr} = 4/7$ в реакции перезарядки ${}^7\text{Li} \rightarrow {}^7\text{Be}$.



Зарядовые спектры со сцинтилляционного монитора при формировании вторичного пучка с кратностью $Z_{pr}/Apr = 4/9$ в реакции фрагментации ${}^{10}\text{B} \rightarrow {}^9\text{Be}$ на канале 3ν .

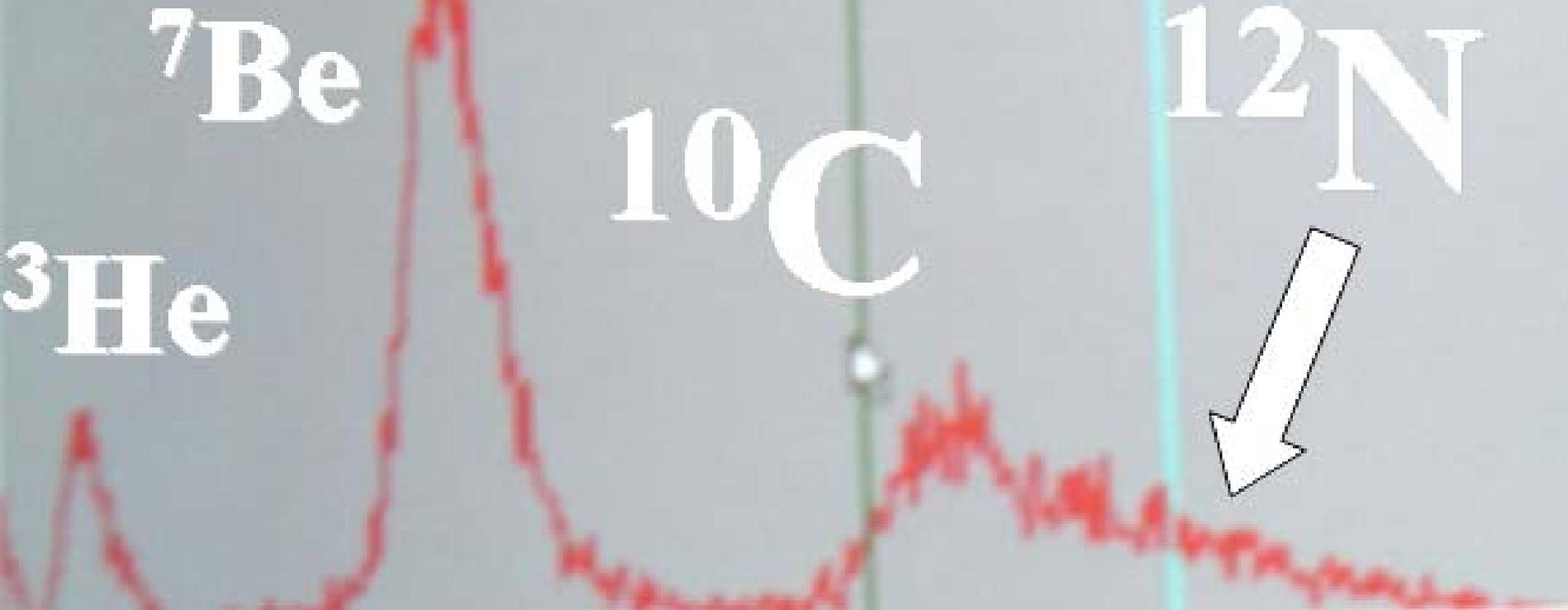


Зарядовые спектры со сцинтилляционного монитора при формировании вторичного пучка с кратностью $Z_{pr}/A_{pr} = 5/8$ в реакции фрагментации ${}^{10}\text{B} \rightarrow {}^8\text{B}$ на канале 3ν .



Зарядовые спектры со сцинтилляционного монитора при формировании вторичного пучка с кратностью $Z_{pr}/A_{pr} = 2/3$ в реакции фрагментации ${}^{12}\text{C} \rightarrow {}^9\text{C}$ на канале 3ν .

^{12}C 1.2A GeV Nuclotron 20/10/06

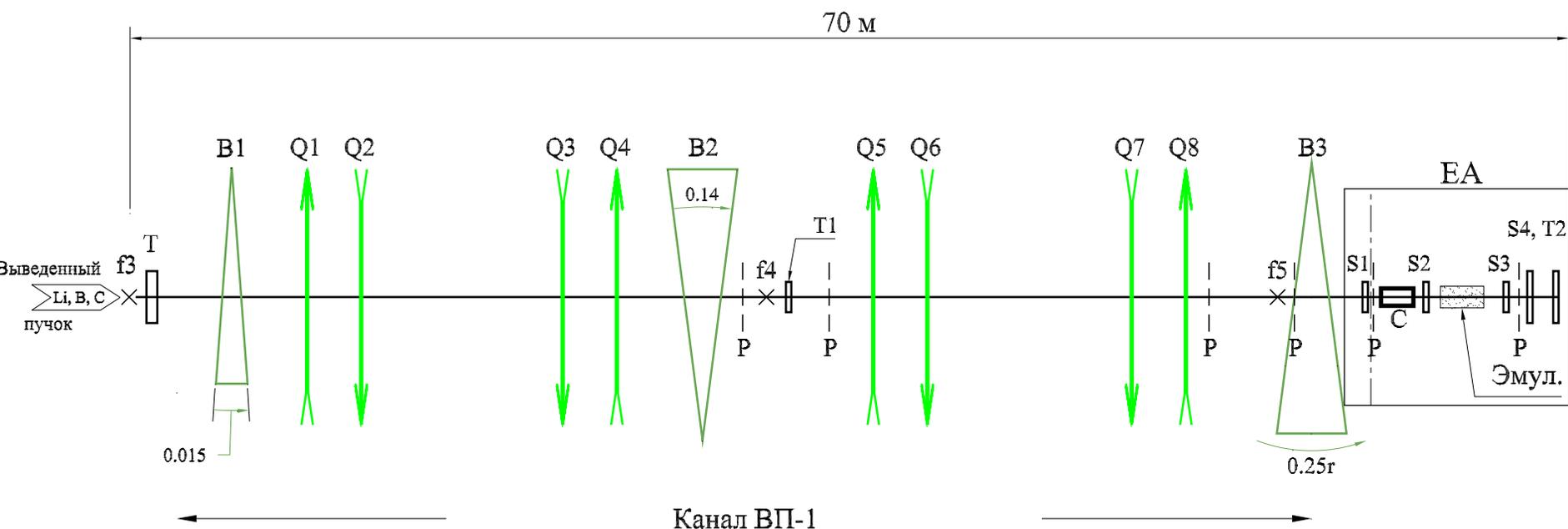


Зарядовые спектры со сцинтилляционного монитора при формировании вторичного пучка с кратностью $Z_{pr}/A_{pr} = 5/12$ в реакции перезарядки $^{12}\text{C} \rightarrow ^{12}\text{N}$ на канале 3v.

Beams of relativistic nuclear fragments at the Nuclotron accelerator facility

P.A. RUKOYATKIN*), L.N. KOMOLOV, R.I. KUKUSHKINA, V.N. RAMZHIN

*Veksler and Baldin Laboratory of High Energies, Joint Institute for Nuclear Research,
141980 Dubna, Russia*



Методическое обоснование проекта

В проекте используются метрология ядерной эмульсии, ставшая уже классической.

Далее будут проиллюстрированы ее ключевые возможности на основе экспериментальных данных Сотрудничества по исследованию стабильных ядер ^{14}N и ^9Be , а также одного из радиоактивных ядер ^8B .

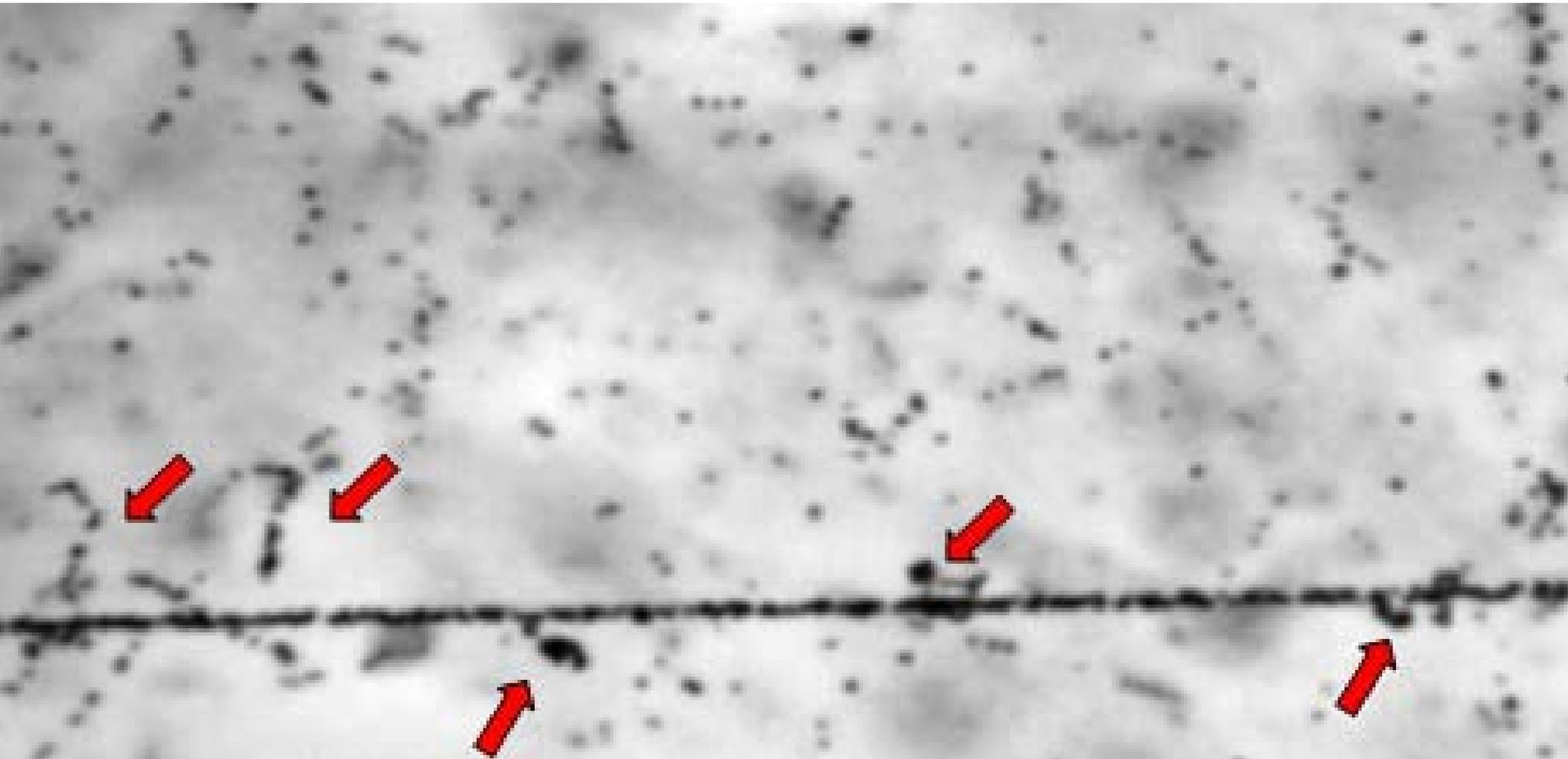
Особенности анализа этих ядер наиболее близки к требованиям для впервые исследуемых ядер $^{9,10,11}\text{C}$ и ^{12}N и в достаточной степени удовлетворяют целям настоящего проекта.

ДИССОЦИАЦИЯ ЯДЕР ^{14}N

Распределение периферических взаимодействий ядер ^{14}N с импульсом $2,86 \text{ A}$ ГэВ/с ($N_{\text{ин}}$) по зарядовым модам с $\Sigma Z_{\text{ф}}=7$ (161 событие), в том числе 61 «белая» звезда (N_{ws}), и 100 событий с фрагментами мишени ($N_{\text{ф}}$) и без заряженных мезонов ($n_s=0$). N_{z1} , N_{z2} – число одно- и двухзарядных частиц соответственно. В процентах указаны доли от событий данного типа.

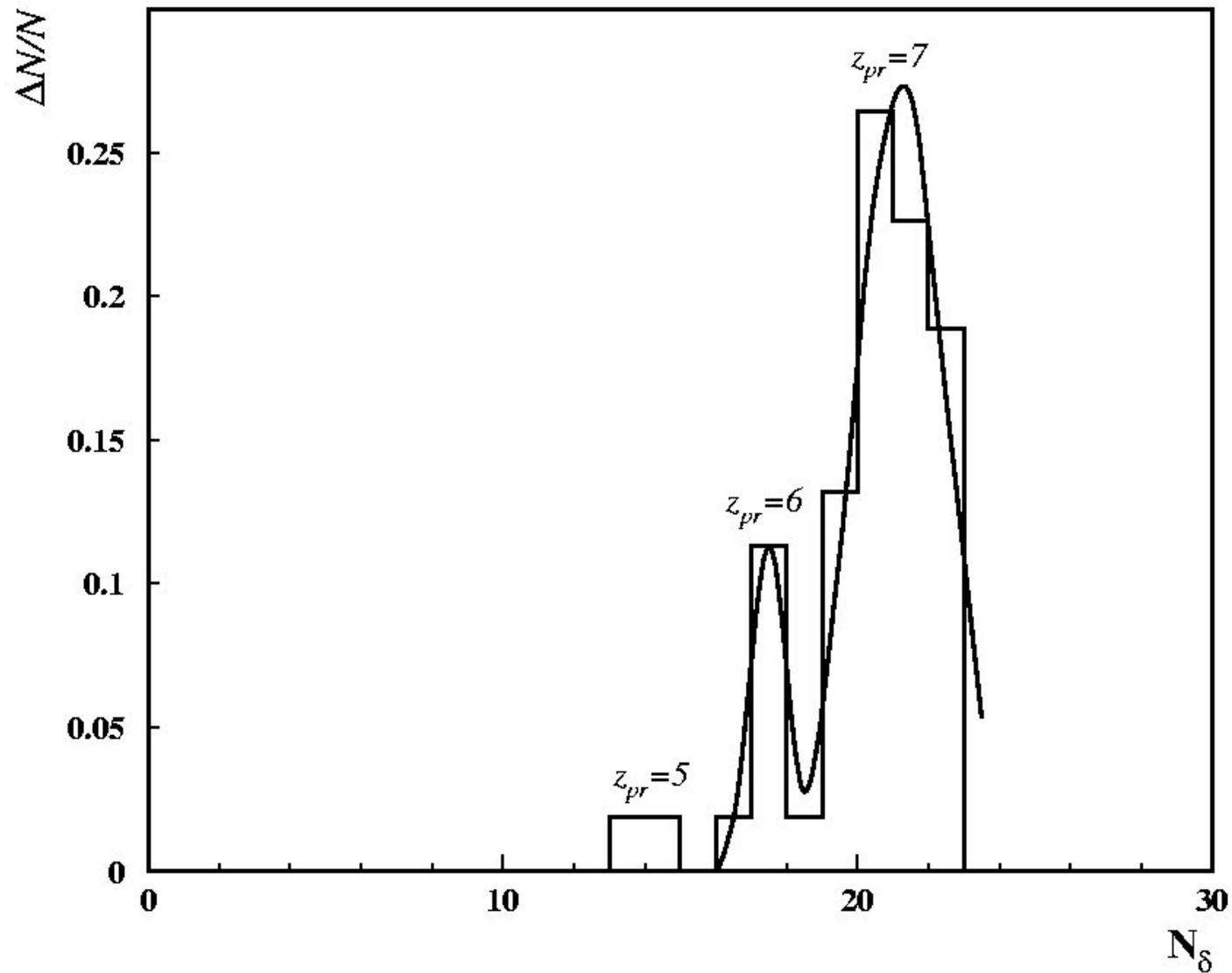
$Z_{\text{ф}}$	6	5	5	4	3	3	-	-	
N_{z1}	1	-	2	1	4	2	3	1	5
N_{z2}	-	1	-	1	-	1	2	3	1
N_{ws}	16 26%	5 8%	5 8%	2 3%	1 2%	- -	6 10%	21 35%	5 8%
$N_{\text{ф}}$	24 24%	4 4%	3 3%	5 5%	2 2%	3 3%	21 21%	35 35%	3 3%
$N_{\text{ин}}$	40 25%	9 5%	8 5%	7 4%	3 2%	3 2%	27 17%	56 35%	8 5%

ЗАРЯДОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

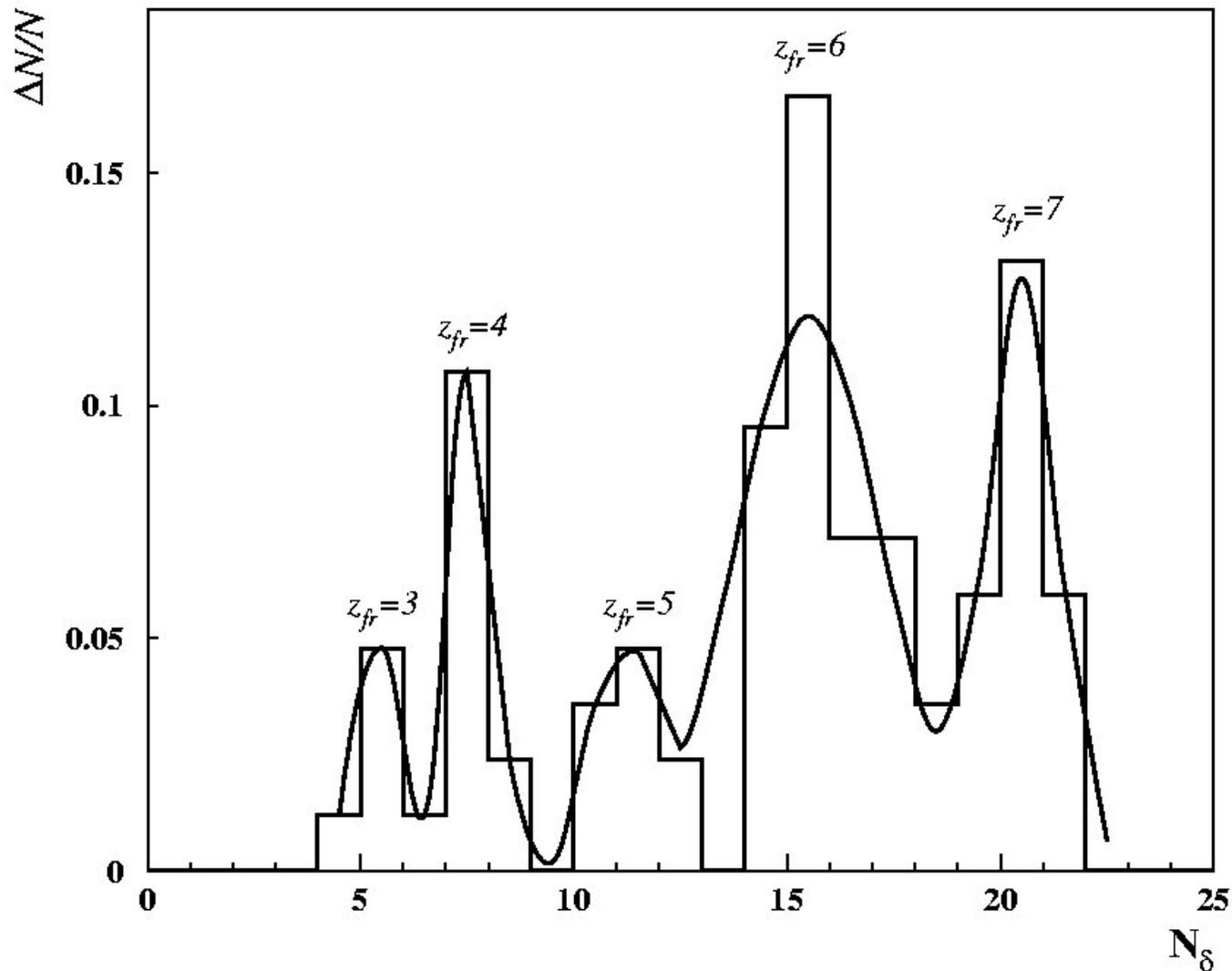


На микрофотографии показан участок следа, оставленного в эмульсии релятивистским ядром ^{14}N .

Стрелками указаны следы δ -электронов.

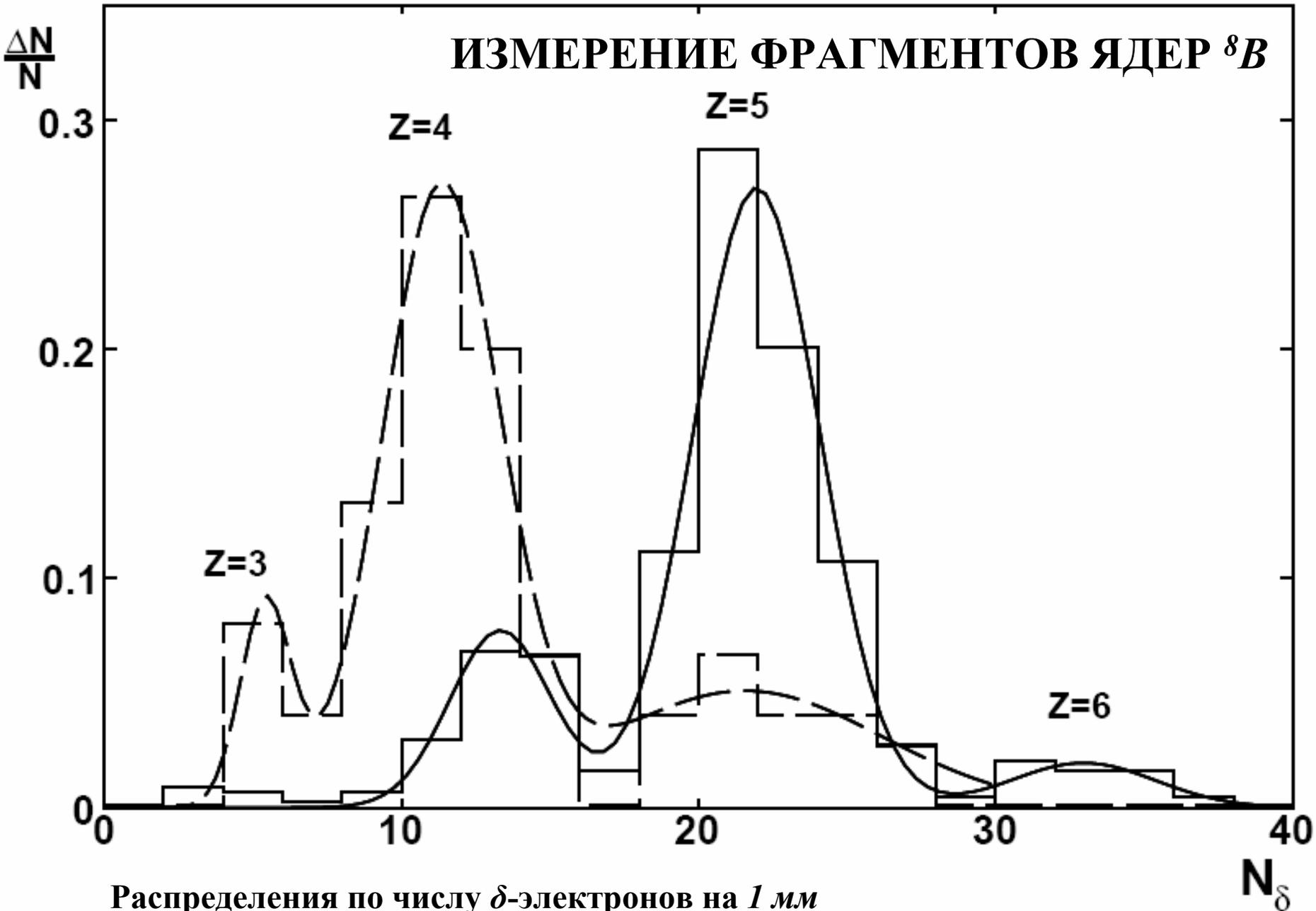


Распределения по числу δ -электронов для следов пучковых частиц, давших изучаемые взаимодействия (53 следа).



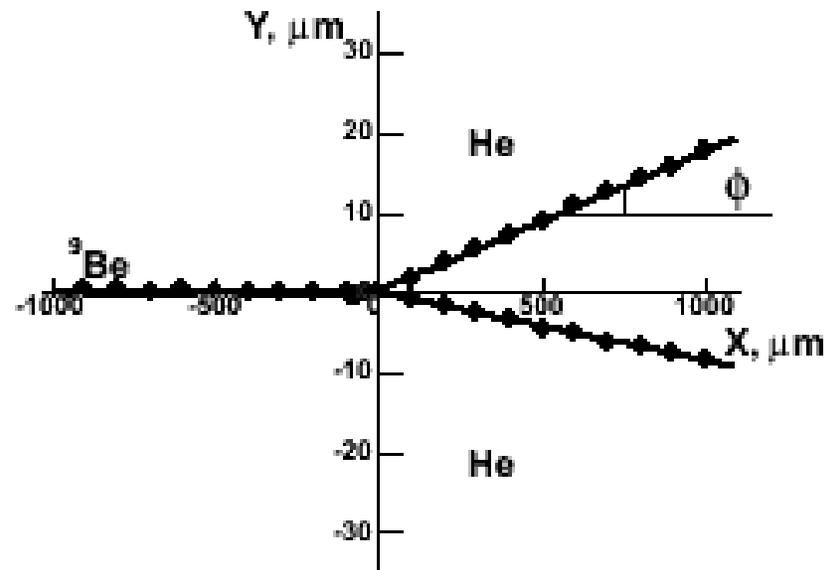
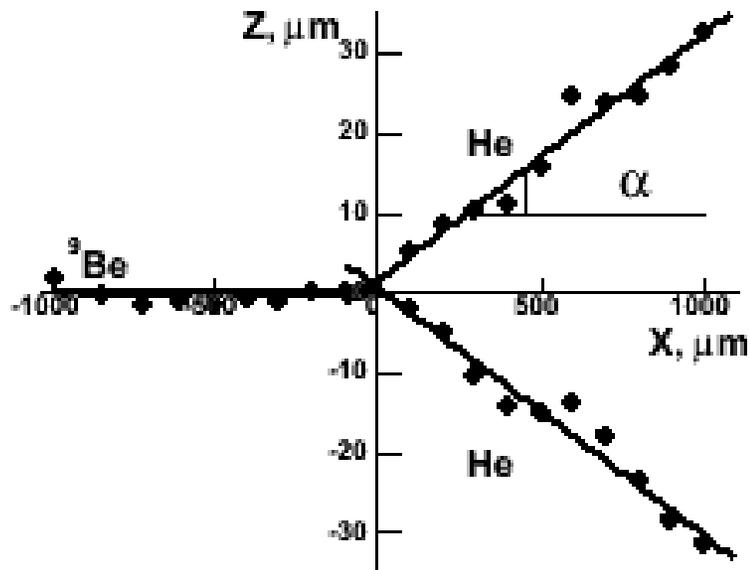
Распределения по числу δ -электронов следов фрагментов-спектаторов с зарядами $Z_{fr} > 2$ (83 следа).

ИЗМЕРЕНИЕ ФРАГМЕНТОВ ЯДЕР 8B

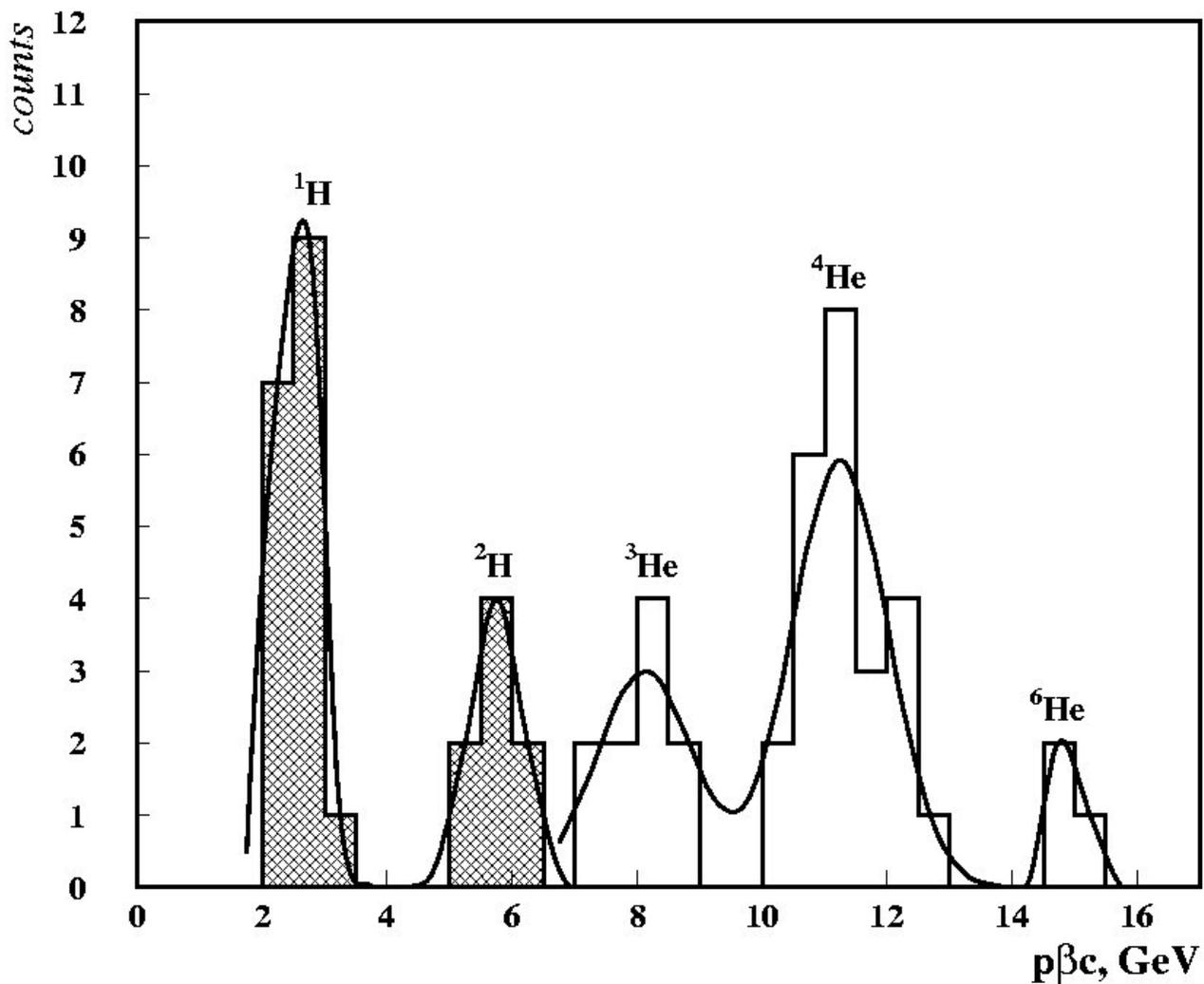


Распределения по числу δ -электронов на 1 мм следов пучковых частиц релятивистских фрагментов с зарядами $Z_{fr} > 2$.

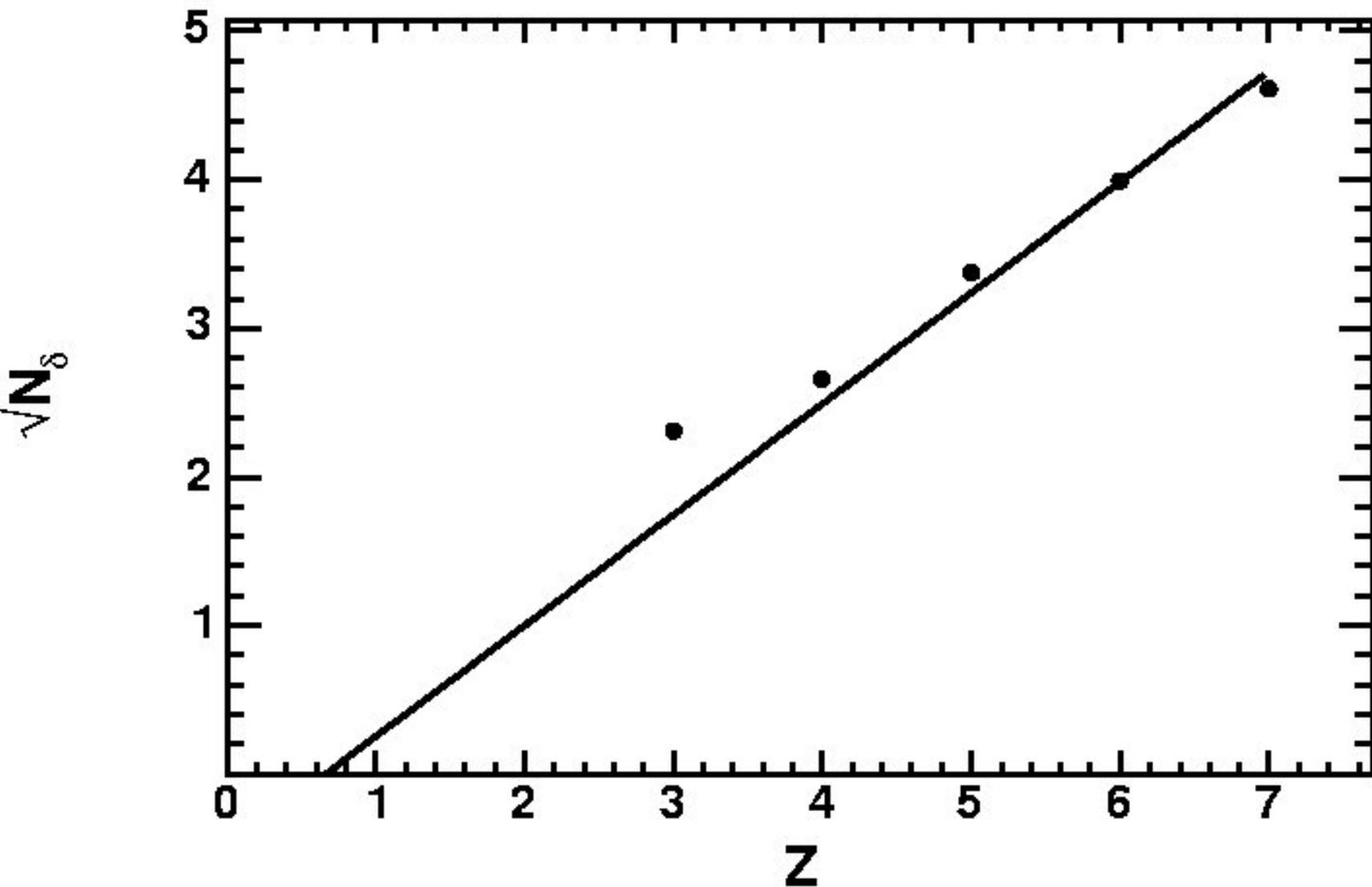
ДИССОЦИАЦИЯ ЯДЕР ${}^9\text{Be}$: УГЛОВОЕ РАЗРЕШЕНИЕ



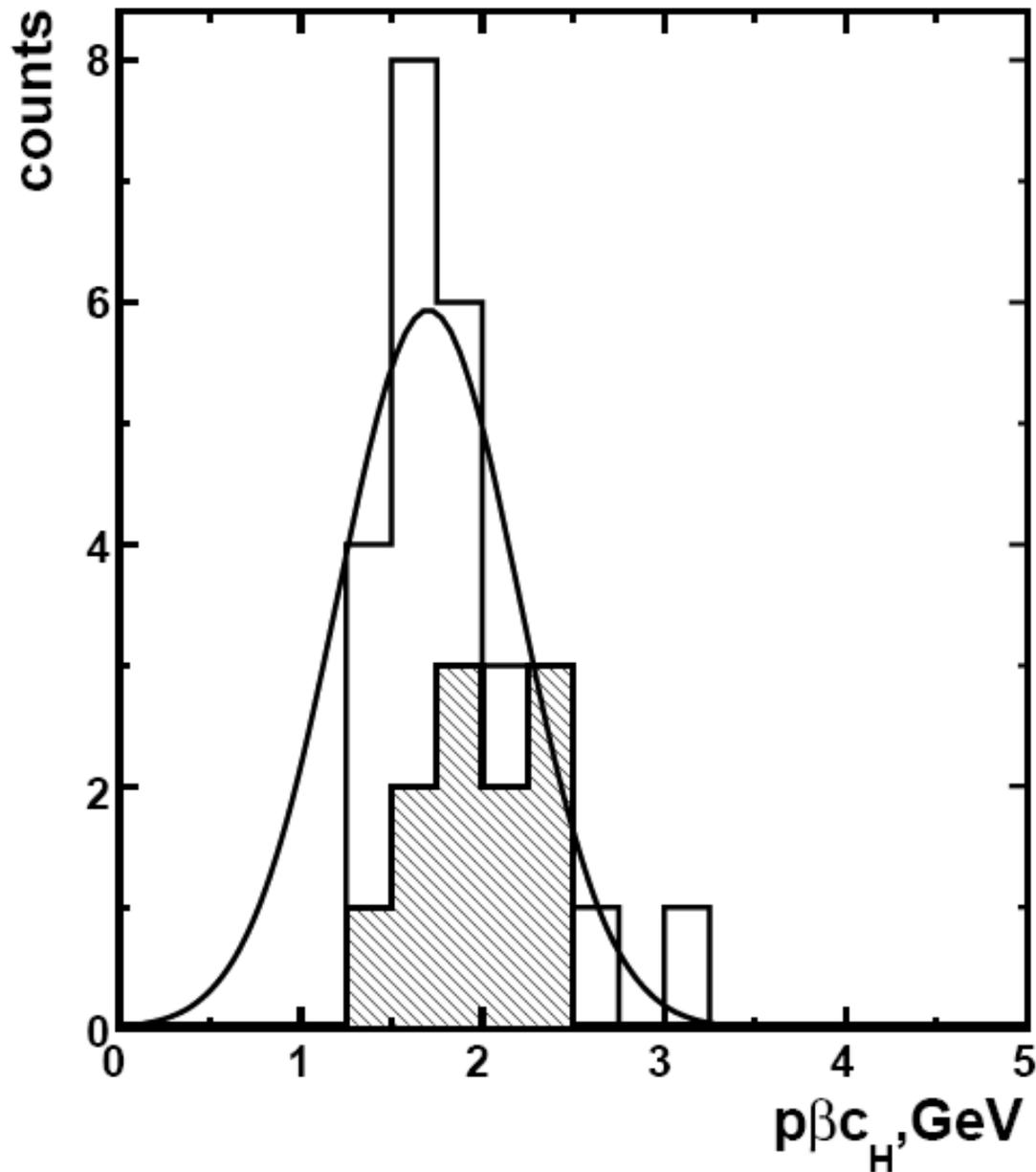
Пример восстановленных направлений вылета (углов α , ϕ) α -частиц, образующихся при фрагментации ${}^9\text{Be} \rightarrow 2\alpha$, по измеренным точкам на треках.



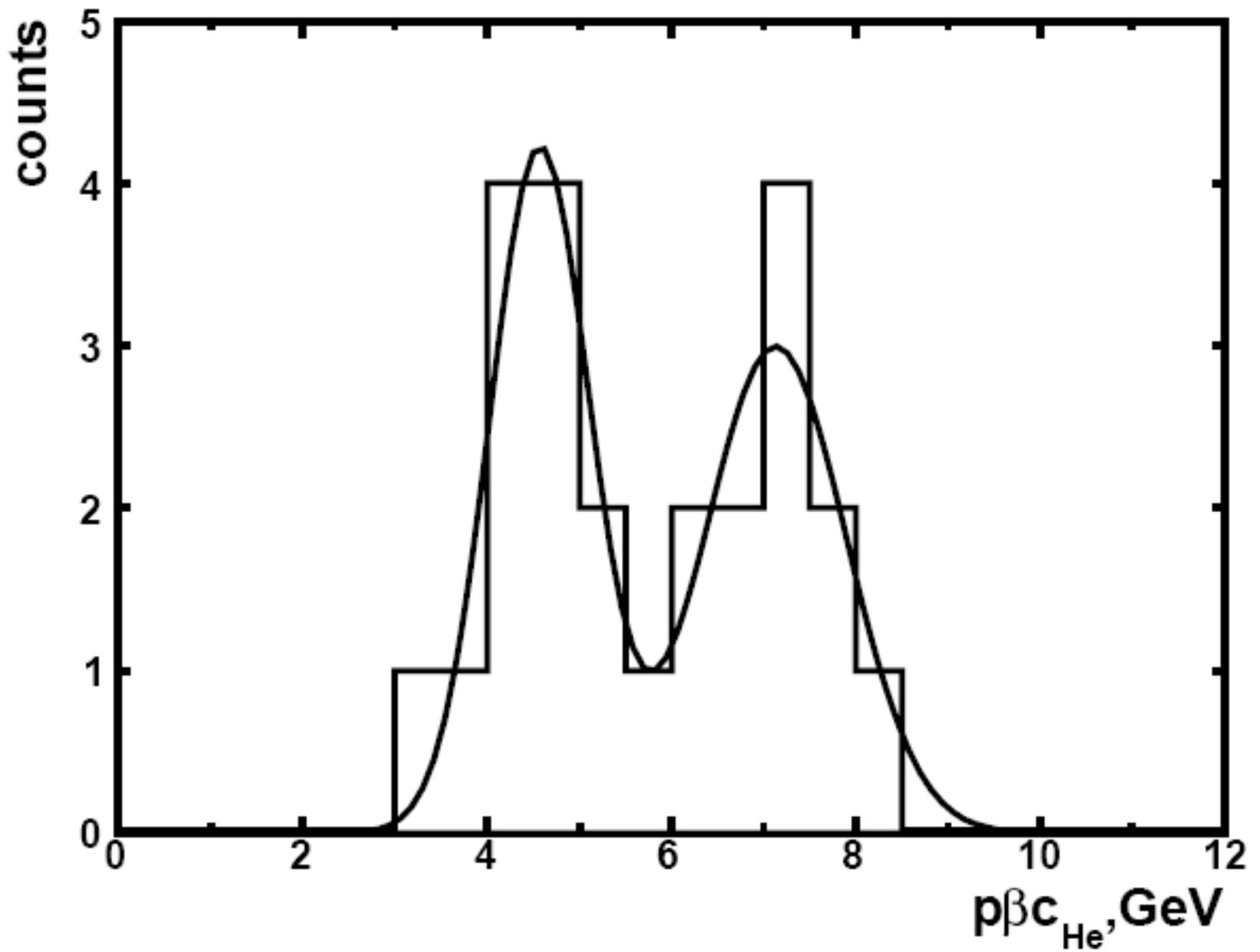
Распределение одно- и двухзарядных фрагментов ядра ^{14}N по измеренным значениям $p\beta c$ в канале диссоциации $^3\text{He}+\text{H}$.



Зависимость квадратного корня среднего числа δ -электронов $\langle N_\delta \rangle$ на 100 мкм длины следа от величины предполагаемого заряда фрагмента-спектатора Z_{rf} .

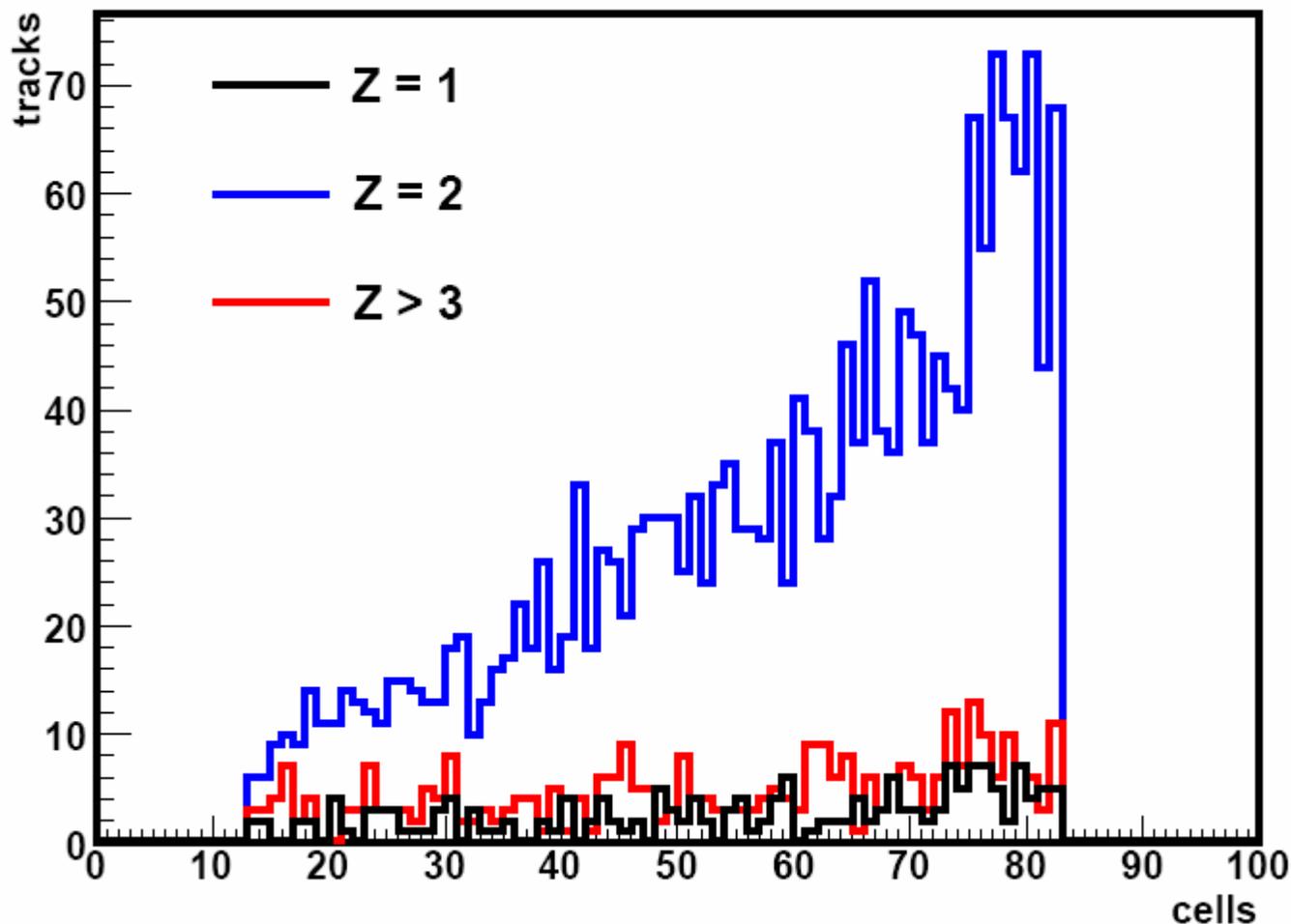


Распределение однозарядных фрагментов ядра ${}^8\text{B}$ по измеренным значениям $p\beta c$ в каналах диссоциации $\text{Be} + \text{H}$ и $2\text{He} + \text{H}$) Заштрихованная часть гистограммы относится к каналу $2\text{He} + \text{H}$.

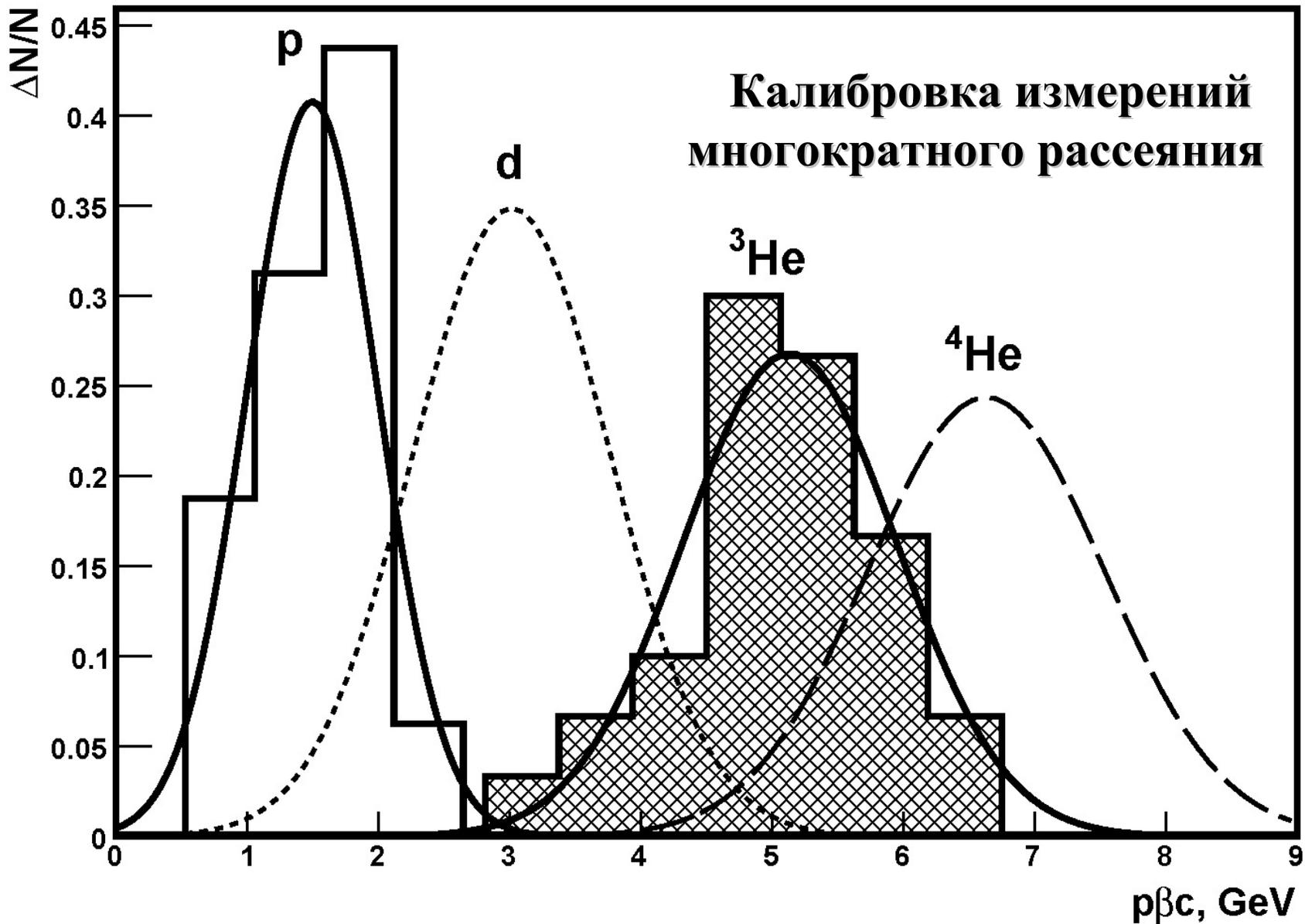


Распределение двухзарядных фрагментов ядра ${}^8\text{B}$ по измеренным значениям $p\beta c$.

Накопление статистики взаимодействий ядер ^{12}C



Горизонтальный профиль вторичного пучка на входе в эмульсионную стопку при настройке на отношение $Z_{pr} / A_{pr} = 2/3$. По оси абсцисс указаны номера ячеек соответствующие шагу разбиения l мм.



Распределение одно- и двухзарядных частиц по измеренным значениям $p\beta c$.

Распределение по зарядовой топологии взаимодействий наиболее периферического типа («белые» звезды) N_{ws} для первичных треков с зарядами $Z_{pr} = 4-7$, наблюдавшихся в эмульсии, облученной во вторичном пучке ядер ^{90}Sr .

ΣZ_{fr}	Fragment Charge, Z_{fr}						N_{ws}
	6	5	4	3	2	1	
$Z_{pr} = 7$							
7	-	-	-	-	1	5	1
7	-	-	-	-	2	3	2
$Z_{pr} = 6$							
6	-	1	-	-	-	1	4
6	-	-	1	-	-	2	3
6	-	-	-	-	3	-	2
6	-	-	1	-	1	-	1
6	-	-	-	1	1	1	1
6	-	-	-	-	1	4	4
6	-	-	-	-	2	2	6
6	-	-	-	-	-	6	2
$Z_{pr} = 5$							
5	-	-	1	-	-	1	2
5	-	-	-	-	1	3	2
5	-	-	-	-	2	1	1
$Z_{pr} = 4$							
4	-	-	-	-	1	2	3

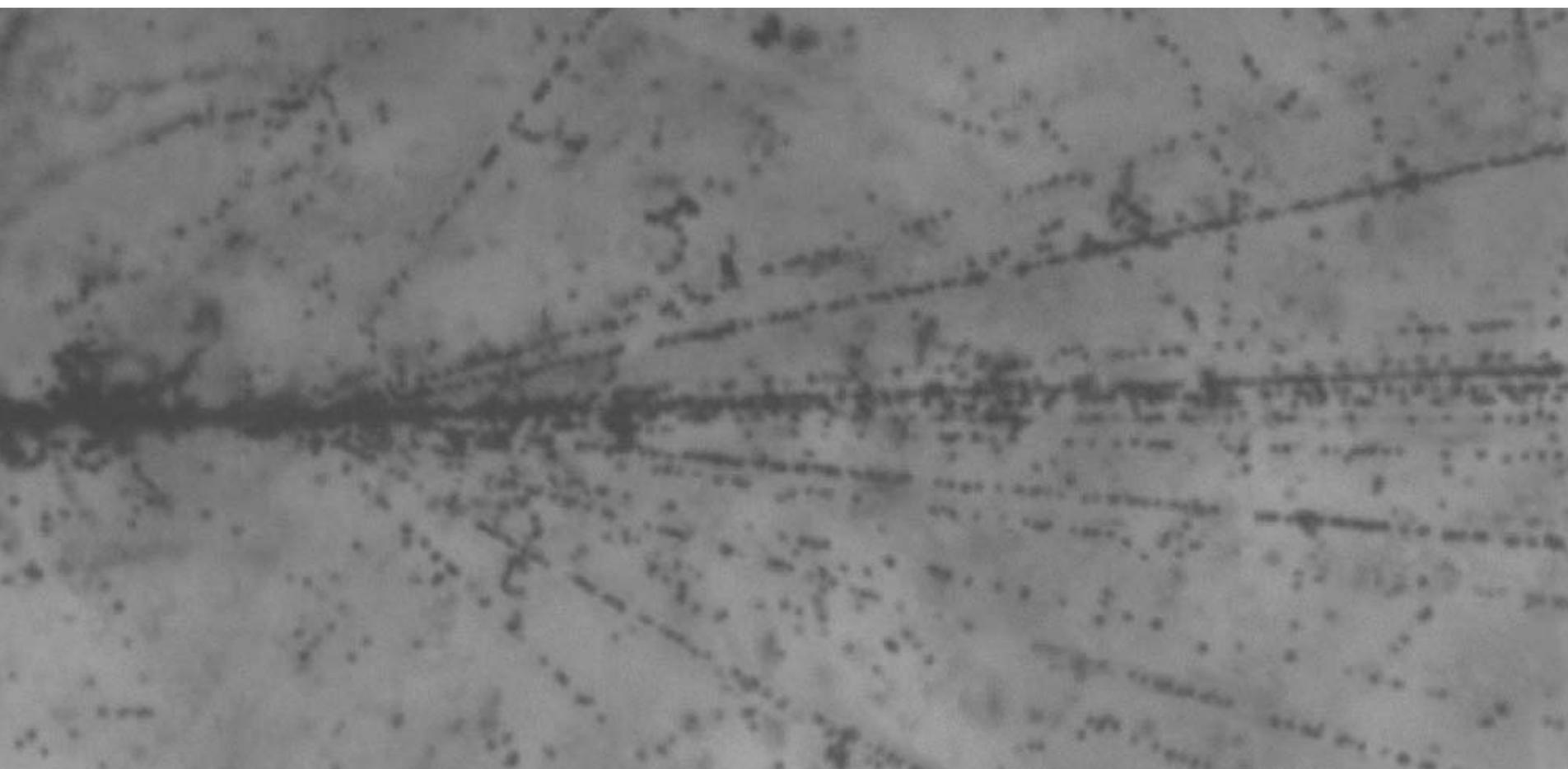
Перспективы исследований периферической фрагментации тяжелых ядер

Можно надеяться, что решение поставленных в проекте задач по исследованию структуры периферических взаимодействий легких ядер позволит на новом уровне понимания обратиться к этим процессам для тяжелых ядер. Сотрудничество располагает слоями ядерной эмульсии, облученными в пучках релятивистских ядер ^{28}Si , ^{32}S , ^{56}Fe , ^{197}Au и ^{207}Pb . В институтах, сотрудничающих с ОИЯИ, систематически ведется накопление и анализ статистики событий периферического типа. Во всех перечисленных ядрах наблюдаются диссоциация вплоть до изотопов H и He в событиях типа «белая» звезда. Такая степень мультифрагментации может вести к важным последствиям при интерпретации данных по физике космических лучей ультравысоких энергий.

Астрофизическое значение этих наблюдений состоит в следующем. Микроскопические условия при мультифрагментации ядер близки к условиям при коллапсе в сверхновых. Наши наблюдения позволяют косвенным образом подтвердить возможность коллапса водородно-гелиевой плазмы в ядра Fe и более тяжелые ядра.

Отметим фундаментальную и прикладную важность изучения множественной фрагментации ядер Au или Pb в легкие ядра. Легкие ядра, как известно, характеризуются примерно равным соотношением протонов и нейтронов. Поэтому при периферической множественной фрагментации ядер Au могут высвобождаться порядка 20 нейтронов, которые не испытывают кулоновского отталкивания и могут даже формировать короткоживущие состояния (полинейтроны). Их одновременное детектирование и анализ как целостных систем достигим только методами физики высоких энергий.

NUCLOTRON: 1A GeV ^{56}Fe



Микрофотография события периферической фрагментации ядра ^{56}Fe с энергией 1A ГэВ в эмульсии без образования фрагментов ядра мишени.

Облучение эмульсии выполнено на нуклотроне ОИЯИ.

SPS: 158 A GeV/c Pb

PHYSICAL REVIEW C 72, 048801 (2005)

Multifragmentation reactions and properties of stellar matter at subnuclear densities

A. S. Botvina¹ and I. N. Mishustin^{2,3}

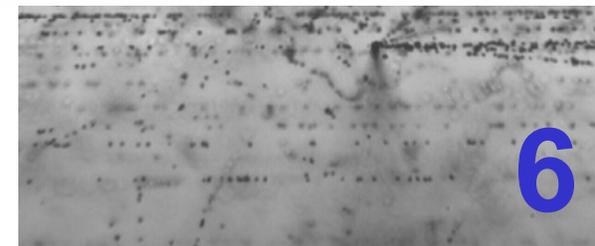
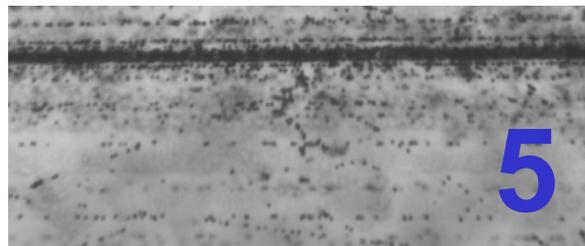
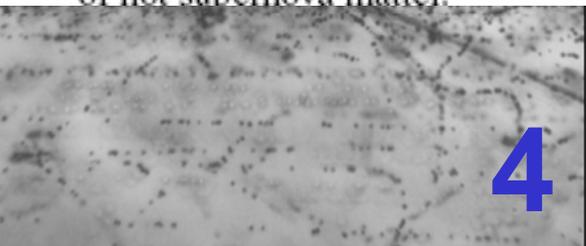
¹*Institute for Nuclear Research, Russian Academy of Sciences, RU-117312 Moscow, Russia*

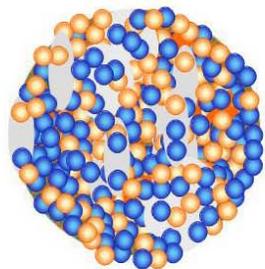
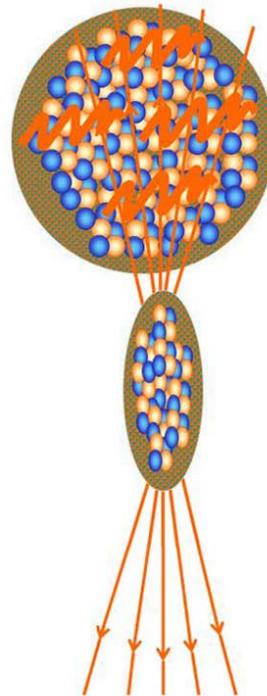
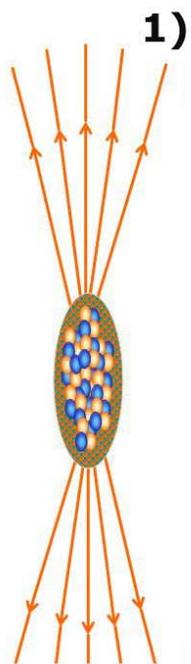
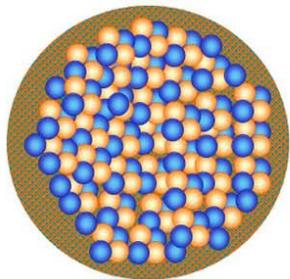
²*Frankfurt Institute for Advanced Studies, J.W. Goethe University, D-60438 Frankfurt am Main, Germany*

³*Kurchatov Institute, Russian Research Center, RU-123182 Moscow, Russia*

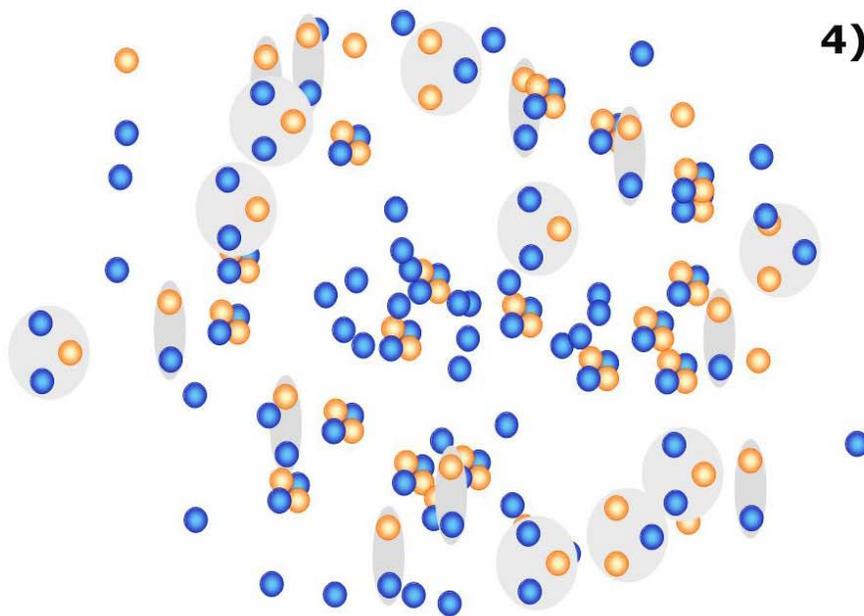
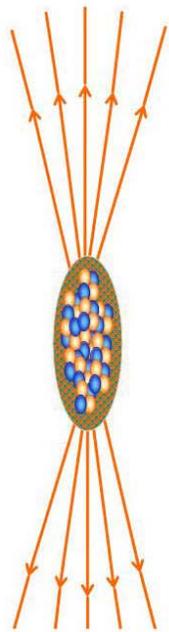
(Received 20 June 2005; published 24 October 2005)

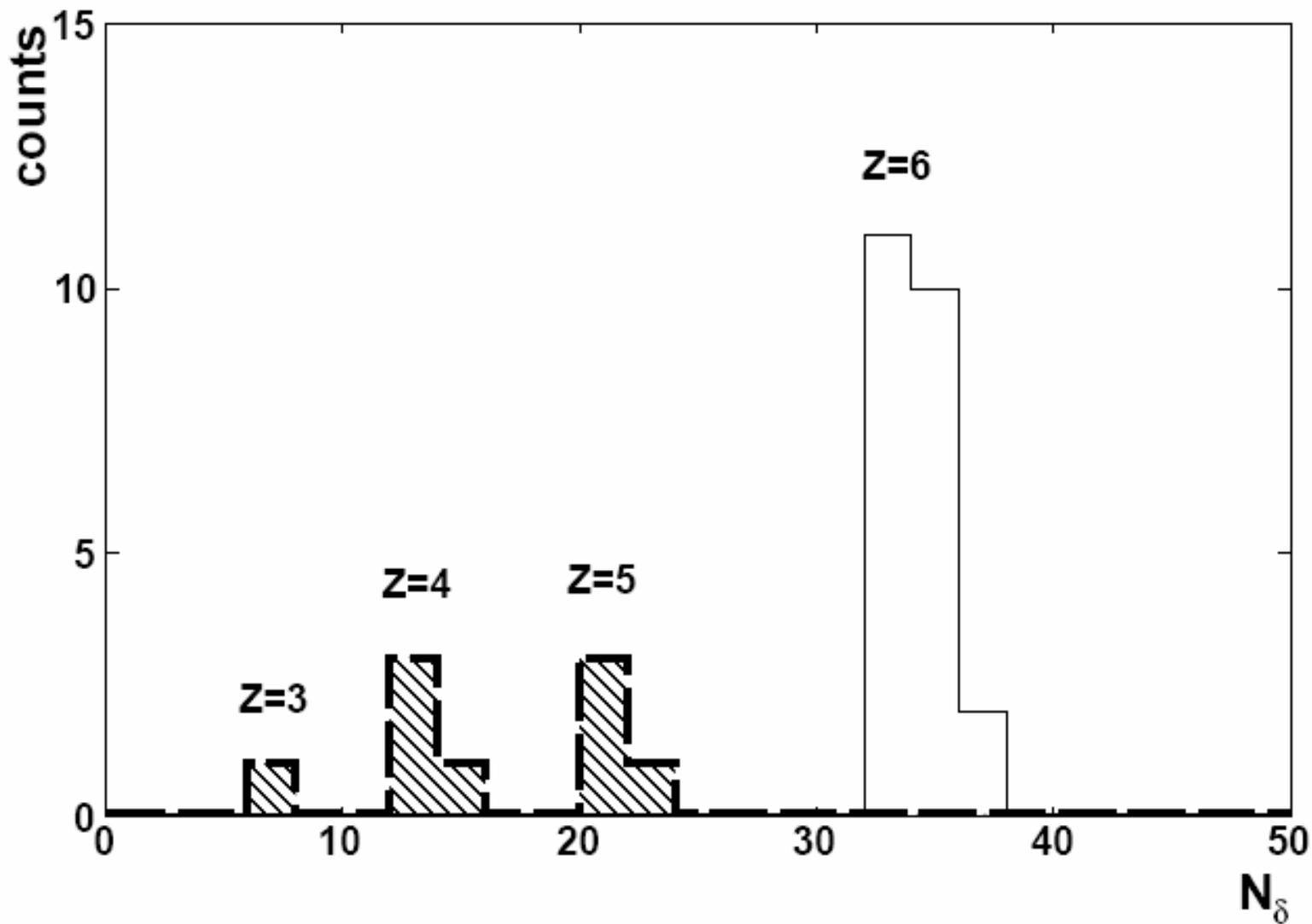
We point out the similarity of thermodynamic conditions reached in nuclear multifragmentation and in supernova explosions. We show that a statistical approach previously applied for nuclear multifragmentation reactions can also be used to describe the electroneutral stellar matter. Then properties of hot unstable nuclei extracted from the analysis of multifragmentation data can be used to determine a realistic nuclear composition of hot supernova matter.





3)





Распределения по числу δ -электронов на 1 мм длины следов пучковых частиц (23 следа), давших изучаемые взаимодействия типа «белая» звезда (сплошная гистограмма), и релятивистских фрагментов с зарядами $Z_{fr} > 2$ (9 событий штриховая гистограмма)