

## ОПЫТНОЕ ОБЛУЧЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ЭМУЛЬСИИ НА УСТАНОВКЕ ACCULINNA

С. А. Крупко<sup>1</sup>, А.А.Безбах<sup>1</sup>, М. С. Головков<sup>1</sup>, А.В.Горшков<sup>1</sup>, Г. Каминьски<sup>1,2</sup>, Р. С. Слепнев<sup>1</sup>,  
С. В. Степанцов<sup>1</sup>, А. С. Фомичев<sup>1</sup>, В.Худоба<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> – Лаборатория Ядерных Реакций им. Г.Н. Флерова Объединенного Института Ядерных Исследований, Дубна, Россия

<sup>2</sup> – Институт ядерной физики ПАН, Краков, Республика Польша

<sup>3</sup> – Институт физики, Университет Силезии, Опава, Чешская Республика

Эксперименты по облучению эмульсий радиоактивным пучком  $^8\text{He}$  с энергией  $\sim 7$  МэВ/А проводились на фрагмент сепараторе Acculinna [1], работающем с 1996 г на ускорителе У-400М [2] ФЛЯР ОИЯИ. Схема установки и условия эксперимента показаны на Рис.1.

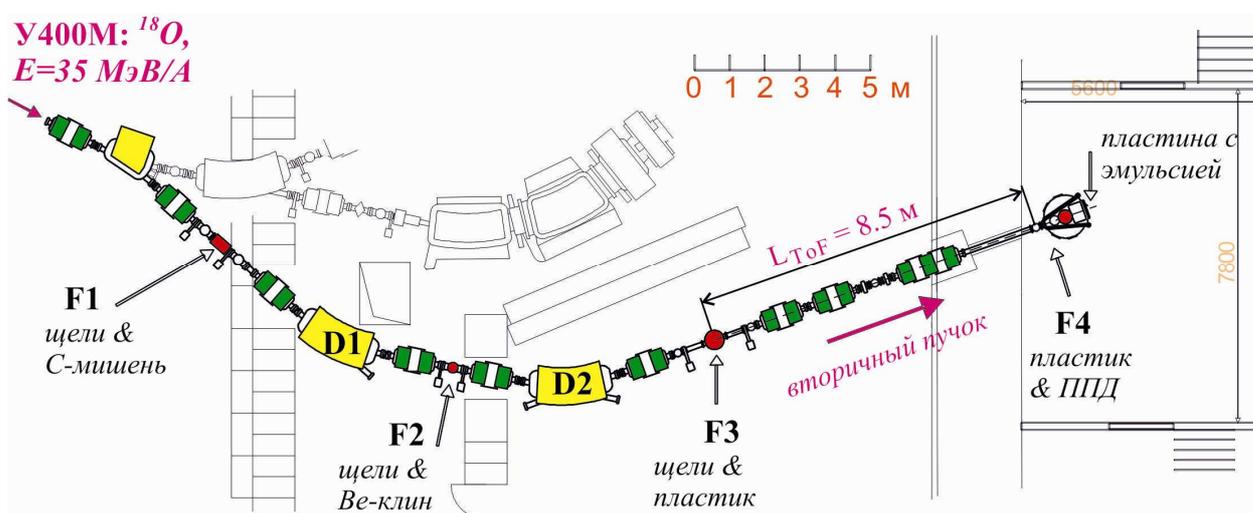


Рис.1. Схема фрагмент сепаратора Acculinna и условия проведения эксперимента по облучению ядерной эмульсии пучком  $^8\text{He}$ .

Выведенный из ускорителя пучок тяжелых ионов  $^{18}\text{O}$  с энергией 35 МэВ/нуклон и интенсивностью  $\sim 0.3 \mu\text{А}$  бомбардировал мишень из пиролитического графита толщиной  $175 \text{ мг/см}^2$ . Мишень представляла собой диск ( $\phi 20 \times 1$  мм), закрепленный между двух медных пластин, охлаждаемых водой. Размер пучка на мишени ( $\phi 8$  мм) формировался при помощи одной из пластин, работающей как коллиматор. Настройка канала первичного пучка осуществлялась при достижении максимальной трансмиссии пучка  $^{18}\text{O}$  через этот коллиматор ( $\phi 8$  мм), которая составляла как правило 90%. Интенсивность пучка измерялась при помощи двух цилиндров Фарадея, установленных в плоскости F1 до и после коллиматора. Во время облучения интенсивность контролировалась по измерению тока от тонкой фольги (тантал толщиной 4 мкм), стационарно установленной вблизи одного из цилиндров. Параметры настройки сепаратора для получения и формирования вторичного пучка  $^8\text{He}$  в ахроматическом фокусе F3 и конечном фокусе F4 определялись согласно расчетам полей дипольных и квадрупольных элементов по коду TRANSPORT[3]. Качество радиоактивного пучка в финальной фокальной плоскости F4 задавалось следующими условиями: (i) в промежуточной плоскости

F2устанавливаласьщель размерами $X = \pm 5$  мм, $Y = \pm 10$  мм ибериллиевый клинтолщиной 1000 мкм;(ii) в ахроматическом фокусе F3размер щели (в X,Y плоскостях) составлял $\pm 5$ ,  $\pm 10$  мм; (iii)в F3 и F4устанавливались два идентичных детектора на базе тонкого пластикаBC418 толщиной 127 мкм, предназначенных для измерения времени пролета частиц.

Устройство и принцип работы сцинтилляционных детекторов на основе тонких пластиков, используемых для идентификации частиц и измерения их времени пролета на прямолинейном участке длиной 8.5 м, показаны на Рис.2. Временное разрешение такой системы (с учетом амплитудной коррекции в зависимости от места засвечивания пластика) составляло не хуже чем 0.5 нс (сигма). Позиционное разрешение детектора по горизонтальной координате, определенное по соотношению амплитуд сигналов слева и справа, составляло около 10 мм. Эта характеристика детектора особенно важна для стопового детектора в F4, где линейные размеры сходящегося пучка порядка 40x30 мм. На расстоянии 130 см от пластика в F4по ходу пучка непосредственно перед выходным окном из вакуумной камеры устанавливался позиционно чувствительный кремниевый детектор толщиной 1 мм с активной площадью 58x58 мм<sup>2</sup>. Детектор позволял определять профиль пучка по двум координатам с точностью 1.8 мм (ширина стрипа) и более точно чем пластик измерять потери энергии частиц. Типичные размеры пучка <sup>8</sup>He в X, Y-плоскостях, измеренные этим детектором, составляли ~ 26 мм (ПШПВ). На Рис.3 а) показана идентификационная картина, полученная путем измерения потерь энергии в кремниевом детекторе и времени пролета на базе 8.5 м при настройке сепаратора на <sup>8</sup>He. Магнитная жесткость дипольных магнитов  $D1$  и  $D2$ , установленная как  $B\rho_1/B\rho_2 = 2.8903/2.829$  Тм, в сочетании с бериллиевым поглотителем клиновидной формы (1 мм) и щелями  $\pm 5$  мм ( $\Delta\rho/\rho=1.66\%$ ) в F2задавали следующие характеристики вторичного пучка <sup>8</sup>He на выходе из камерыв F4:  $E=23.8 \pm 0.9$ МэВ/нуклон,  $I \sim 50$  1/с и  $P \sim 80$  %. Здесь  $E$ ,  $I$  и  $P$  означают энергию, интенсивность и обогащениесоответственно.Из данных Рис.3 (б,в) легко получить количественную оценку состава пучка: так обогащение  $P(^8\text{He})$  определялось соотношением  $P = 4.122/5.174 \approx 80\%$ .

С учетом толщины всех детекторов внутри вакуумной камеры, выходного окна (каптон 125 мкм) и алюминиевой пластины (3900 мкм), установленной в воздухе за окном, расчетная энергия <sup>8</sup>He перед попаданием в эмульсию составляла  $E \approx 59.2 \pm 4.5$  МэВ (ПШПВ). Таким пучком происходило облучение одинарных пластин. Для облучения спаренных пластин энергия <sup>8</sup>He была несколько выше (толщина Al-поглотителя была 3000 мкм) и составляла  $E \approx 63.5 \pm 2.3$ МэВ (ПШПВ).Время облучения для пяти пластин составляло около 10 мин и определялось набранным интегралом  $\int(^8\text{He}) \approx 4 \times 10^4$  частиц; одно облучение длилось ~ 15 мин с интегралом <sup>8</sup>He, равным  $6.2 \times 10^4$  частиц (см. таблицу).

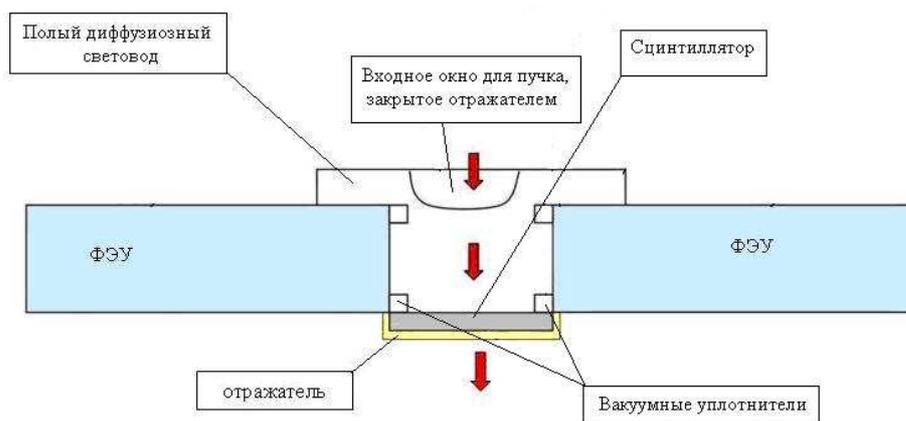


Рис.2. Схема детектора на основе пластика BC418 размерами 60x40 мм<sup>2</sup> и толщиной 127 мкм, просматриваемого с двух сторон (слева и справа по ходу пучка) двумя ФЭУ XR2020 с целью учета амплитудной зависимости от места попадания частиц. В качестве отражателя использовалась фольга Al-майлар толщиной 2 мкм, диффузное отражение обеспечивалось световодом из материала Тувес.

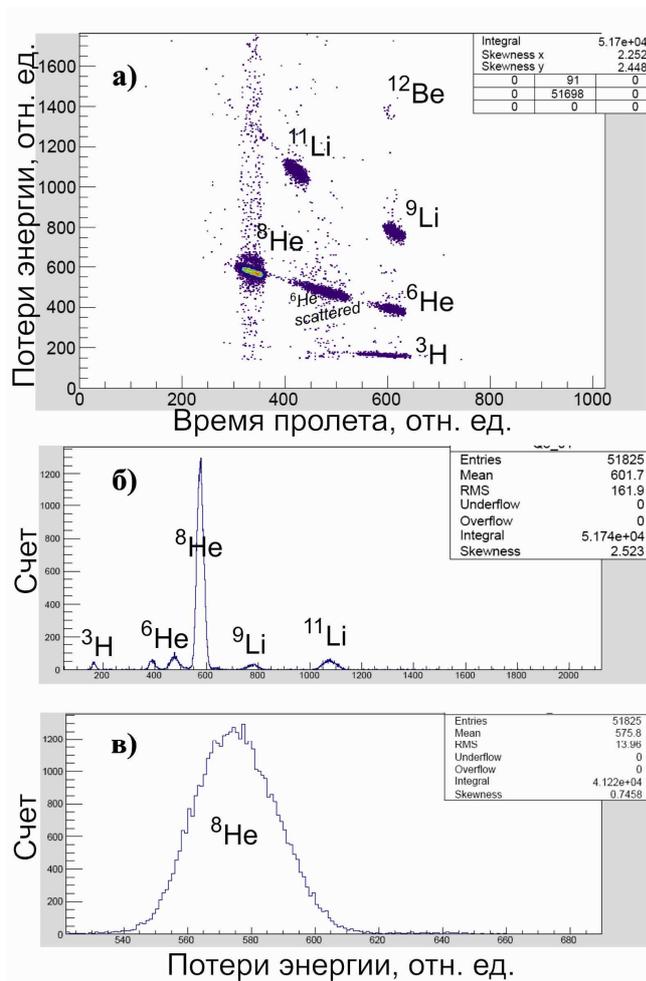


Рис.3. Качество радиоактивного пучка из реакции фрагментации <sup>18</sup>O (35 МэВ/нуклон) + <sup>12</sup>С на сепараторе Acculinn при его настройке на <sup>8</sup>He. Идентификация частиц при помощи кремниевого детектора и времени пролета (а); одномерные спектры энергетических потерь для всех частиц (б) и только для <sup>8</sup>He (в).

1. *Rodin A.M. et al.* Status of ACCULINNA beam line // Nucl. Instr. and Meth. – 2003. – Vol. B204. – P. 114–118; <http://aculina.jinr.ru/>
2. <http://flerovlab.jinr.ru/flnr/u400m.html>
3. [http://aea.web.psi.ch/Urs\\_Rohrer/MyWeb/trans.htm](http://aea.web.psi.ch/Urs_Rohrer/MyWeb/trans.htm)
- 4.