

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

2334/82

17/6-82

18-82-65

Л.П.Зиновьев, И.Б.Иссинский, А.Д.Кириллов,
С.А.Новиков, В.И.Попов, А.И.Портман,
И.Н.Семенюшкин, М.Д.Шафранов

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СИНХРОФАЗОТРОНА ЛВЭ ОИЯИ
ДЛЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

Направлено на рабочее совещание
"Перспективы использования базовых установок ОИЯИ
для биологических исследований"
/Дубна, 28-30 октября 1981 г. /

1982

В последнее время большое внимание уделяется использованию пучков высокоэнергетических тяжелых заряженных частиц для решения различных прикладных задач. Особенно интенсивно развивается медико-биологическое направление применения этих пучков^{/1-3/}. Проведение медико-биологических работ на пучках заряженных частиц возможно лишь при наличии надлежащим образом сформированных и исследованных полей радиационного воздействия, а также при отлаженной системе дозиметрии и мониторинга процесса облучения^{/4,5/}.

Ниже кратко описаны существующие на синхрофазотроне каналы пучков ядер для медико-биологических исследований и сообщается о работах по дальнейшему развитию этого комплекса. Приведены результаты исследования дозовых и спектральных характеристик полей радиационного воздействия, сформированных для выполнения радиобиологических экспериментов на этом ускорителе.

1. КАНАЛЫ ПУЧКОВ ЯДЕР СРЕДНИХ И ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ ДЛЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На синхрофазотроне кроме протонов ускоряются легкие ядра с энергией в диапазоне от 200 МэВ/нукл. до 4 ГэВ/нукл. Достигнутая интенсивность ускоренных частиц в импульсе составляет^{/6/}: для протонов - $4 \cdot 10^{12}$, дейтронов - $4 \cdot 10^{11}$, ядер гелия - $5 \cdot 10^{10}$, углерода - $4 \cdot 10^6$. При более низких интенсивностях имеется возможность ускорять ядра азота, кислорода, неона. Ускоренные в синхрофазотроне ядра выводятся в двух направлениях с возможностью плавного изменения их энергии /рис.1/.

Первый канал медленного вывода /МВ/ с высокой интенсивностью пучков имеет направление в новый экспериментальный корпус, где сосредоточена основная часть физических установок, работающих с использованием электронной методики. Второй канал - быстрого вывода /БВ/ при проектировании был предназначен для исследований с пузырьковыми камерами в прямом пучке и поэтому в режиме медленного вывода в настоящее время имеет низкие интенсивности пучков. Вместе с тем он позволяет проводить целый ряд таких экспериментов, в которых требуется интенсивность частиц в пучке, не превышающая $10^7 - 10^8$ част./имп.

В каждом из этих каналов может быть установлена аппаратура для проведения медико-биологических исследований.

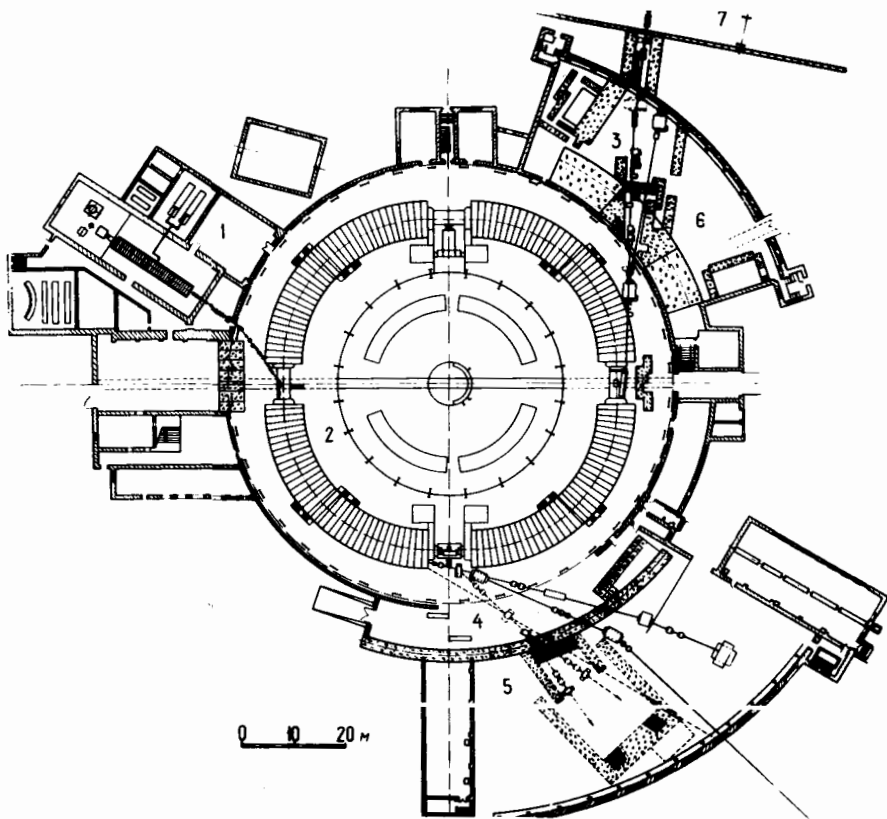


Рис.1 . Общий вид синхрофазотрона. 1 - инжектор, 2 - кольцо, 3 - канал МВ, 4 - канал БВ, 5 - корпус 1Б, 6 - измерительный павильон, 7 - новый экспериментальный зал.

На канале МВ имеются две площадки для установки такой аппаратуры. Одна из них, размером около 10 м^2 , находится на расстоянии 30 м от ускорителя в т.н. старом измерительном павильоне /точка F3, рис.2/. С помощью дублета квадрупольных линз пучок в этой точке может быть сформирован размером от $30 \times 30 \text{ мм}$ до $60 \times 40 \text{ мм}^2$. Перед дублетом линз установлена камера /УК-4, размером $300 \times 400 \times 400 \text{ мм}^2$ /, в которой также могут производиться облучения биологических объектов /4/. Пространственная неравномерность плотности расширенного пучка не превышает $\pm 10\%$. При высоких энергиях интенсивность пучка здесь составляет 90% от

интенсивности ускоренных частиц. Длительность импульса может регулироваться в пределах от 1 до 450 мс /продолжительность цикла работы синхрофазотрона - около 9 с/. При средних энергиях /200-400 МэВ/нукл./ существует принципиальная возможность увеличения продолжительности медленного вывода до 5 с, однако с уменьшением энергии коэффициент вывода падает, снижаясь в указанном диапазоне до 20-30%.

Вторая площадка /~40 м^2 / на этом канале располагается в новом экспериментальном зале /корпус 205/, где имеется возможность формирования пучка с параметрами, подобными приведенным выше. Работы, проводимые по сооружению защиты в старом и новом залах, позволяет повысить допустимый уровень интенсивности выводимого пучка до 10^{12} частиц/имп.

На канале БВ /корпус 1Б, рис.3/ формируется пучок ядер средних энергий /до 500 МэВ/нукл./ . Интенсивность пучка - до 10^8 част./имп., размеры - от $10 \times 10 \text{ мм}^2$ до $100 \times 100 \text{ мм}^2$ /с неравномерностью $\pm 10\%$ /. Длительность вывода - до 200 мс. Площадь, предназначенная для размещения аппаратуры, составляет около 120 м^2 .

Отработан режим вывода в одном цикле пучков двух энергий, в частности, 200-300 МэВ/нукл. и 3-4 ГэВ/нукл.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОЗНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА КАНАЛЕ МЕДЛЕННОГО ВЫВОДА СИНХРОФАЗОТРОНА

Начиная с 1976 года на канале МВ проводятся работы по определению относительной биологической эффективности тяжелых заряженных частиц высоких энергий /7,8/. Накоплен определенный опыт по использованию синхрофазотрона для решения этой задачи.

Контроль работы МВ предусматривает определение пространственного положения выводимого пучка частиц с помощью системы проволочных ионизационных камер, позволяющих также проводить измерения профиля пучка в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Сигналы с камер подаются на ЭВМ, которая дает изображение пучка на дисплее /9/. Кроме того, определение равномерности поля облучения в месте проведения радиологических экспериментов /камера УК-4 или позиция вблизи F3 на канале медленного вывода/ производится с помощью специально разработанного дистанционного устройства, детекторы которого по сигналу с пульта управления вращаются вокруг центральной оси в плоскости, перпендикулярной оси пучка, с остановками в восьми дискретных положениях. В каждом положении регистрируется отношение показаний детекторов, расположенных по радиусу, к показаниям детектора, находящегося в центре.

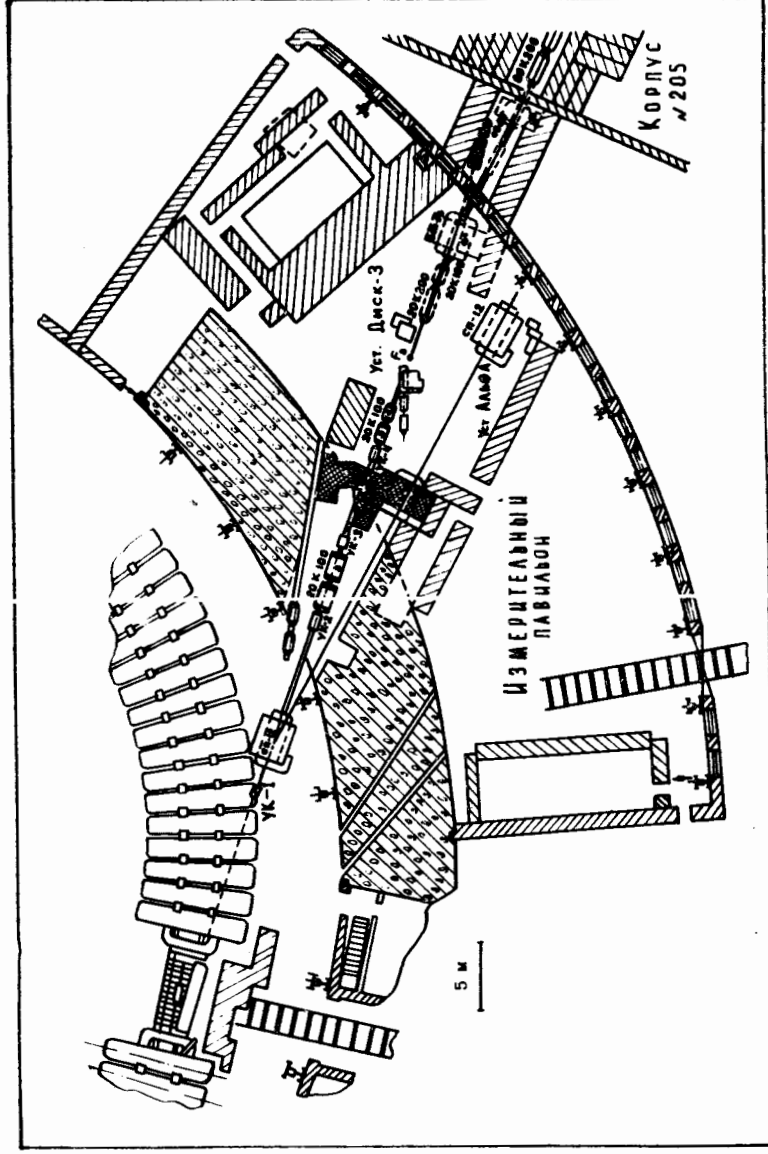


Рис.2. Расположение канала MB в старом измерительном павильоне /пунктиром обозначена проектируемая часть/.

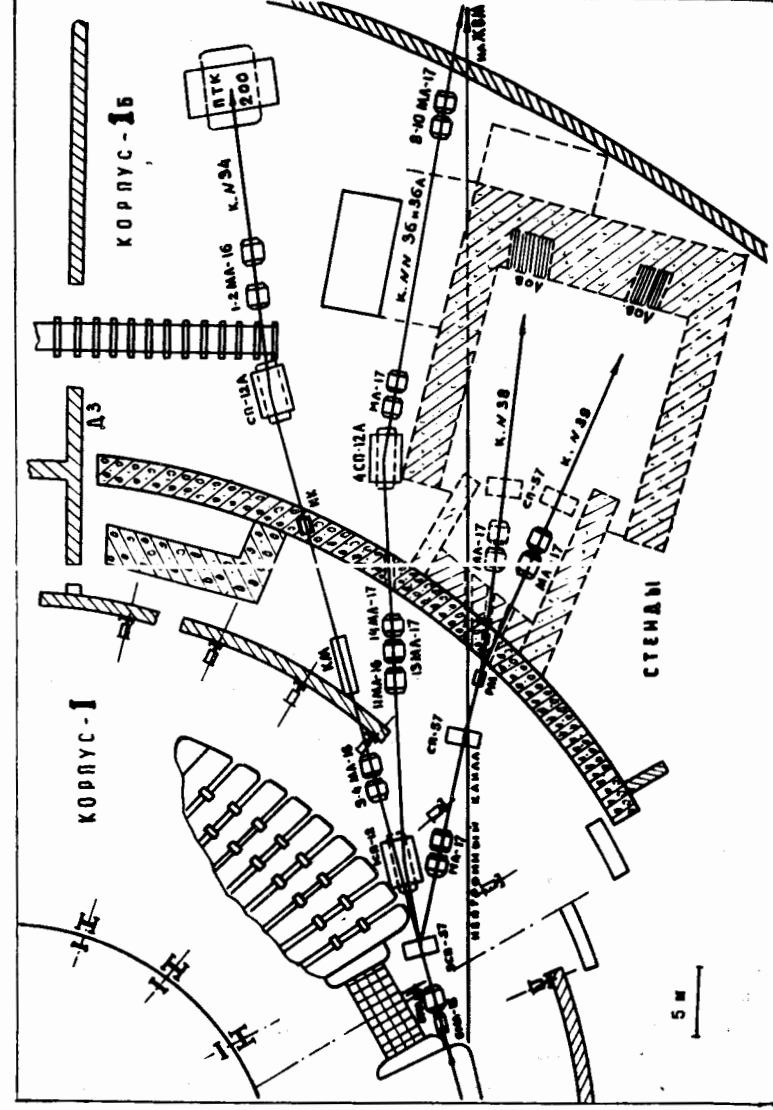


Рис.3. Расположение каналов BB в корпусе 1Б /пунктиром обозначена проектируемая часть/.

В качестве детекторов в этом устройстве применялись цилиндрические ионизационные камеры с чувствительным объемом $4,8 \text{ см}^3$, сконструированные для этой цели. Камера имеет при диаметре чувствительного объема 20 мм диаметр внутреннего электрода 1 мм, что обеспечивает при максимальном возможном интенсивностях эффективность собирания, равную 1 уже при напряжениях порядка 500 В. При низких интенсивностях $\sim 10^5 \text{ част./цикл}$ использовались полупроводниковые детекторы площадью $0,5 \text{ см}^2$. Толщина чувствительных слоев детекторов выбиралась исходя из требования снижения скорости счета из-за страгглинга ионизационных потерь на толщине чувствительного слоя детектора менее чем на 1% при уровне дискриминации по амплитуде, равном 10% от средней амплитуды распределения по удельным потерям энергии. На основе этого требования с учетом спектра энерговыделений /близкого к распределению Ландау/ и характеристик применяемых усилительных трактов было получено, что толщина чувствительного слоя детекторов должна быть не менее 400 мкм.

Для исследования глубинного распределения поглощенной дозы были разработаны и изготовлены фантомы мелких лабораторных животных /крысы, кролика/. В качестве материала фантомов использовалась тканезквивалентная пластмасса. Фантомы имеют форму цилиндров различных размеров, вес которых близок к среднему весу облучаемых животных.

Измерение доз в фантомах проводилось с помощью конденсаторных ионизационных камер, конструкция которых представлена на рис. 4.

Корпус камеры выполнен из тканезквивалентной пластмассы. Рабочий объем камеры сферической формы $10,1 \text{ см}^3$ обеспечивает изотропную чувствительность к излучению. Емкость конденсатора равна 20 пФ, рабочий диапазон напряжений составляет 116-40 В, измеряются эти напряжения электростатическим вольтметром при помещении конденсаторных камер в специальные гнезда из фторопласта, емкостью которых можно пренебречь по сравнению с емкостью камер и измерительного прибора. Эффективность собирания ионов в разработанной камере при минимальном напряжении 50 В составляет 95% при максимальных мощностях доз на медико-биологическом канале. Утечка заряда не превышает 5% в сутки.

Знание пространственного распределения поглощенной дозы в биологических объектах необходимо для правильной интерпретации результатов радиобиологических исследований.

Глубинные дозовые кривые, полученные на пучках протонов, дейтронов, альфа-частиц, а также ядер углерода, направленных вдоль центральной оси фантома кролика, приведены на рис. 5. Обращает на себя внимание уменьшение дозы с глубиной уже начиная с первых слоев фантома при облучении ядрами углерода. Это обстоятельство связано с выбыванием первичных частиц из-за ядер-

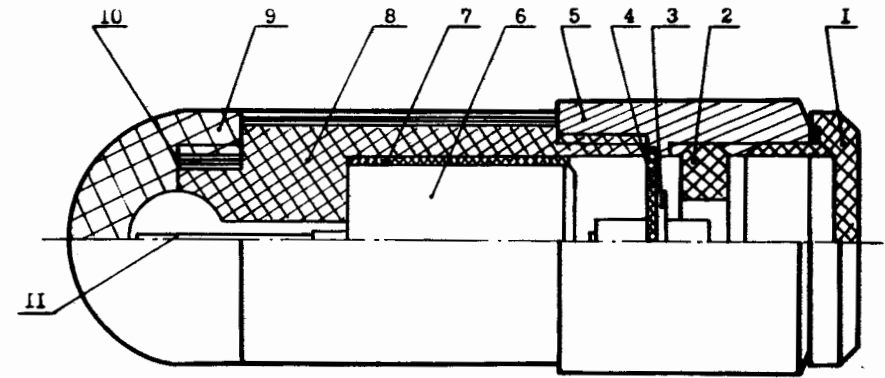


Рис. 4. Конструкция ионизационной камеры. 1 - крышка, 2 - уплотнение, 3 - контакт, 4 - мембрана, 5 - кольцо /внешний контакт/, 6 - конденсатор, 7 - тефлоновый изолятор, 8, 9 - корпус камеры, 10 - внешний электрод /соединен с внешним контактом/, 11 - собирающий электрод.

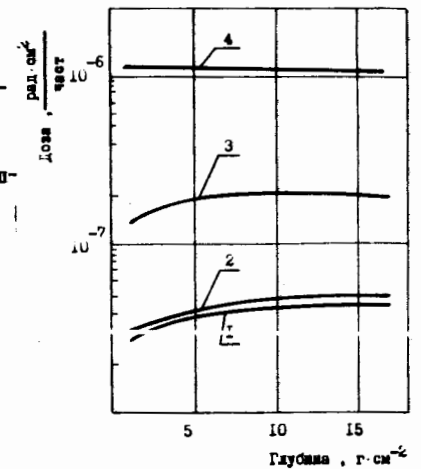
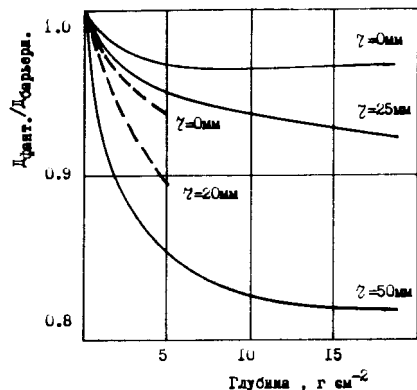


Рис. 5. Глубинные дозовые кривые на пучках дейтронов /1/, протонов /2/, альфа-частиц /3/ и ядер углерода /4/, измеренные вдоль центральной оси фантома кролика.

ных взаимодействий, сечение которых растет с увеличением массы частиц от $0,01 \text{ см}^{-1}$ в ткани в случае облучения протонами до $0,042 \text{ см}^{-1}$ при облучении ядрами углерода.

На рис. 6 даны глубинные распределения отношения доз в фантомах кролика и крысы на различных расстояниях r от центра фантомов к дозам на соответствующих глубинах, измеренным в барьерной геометрии за слоями тканезквивалентного вещества, перекрывающими всю площадь ионпровода /данные получены на ускоренных до энергии 4 ГэВ/нукл. дейтронах/. Это отношение уменьшается с увеличением r , что объясняется "краевым эффектом" - выходом вторичного излучения через боковую поверхность фантомов. Полученные данные свидетельствуют о том, что это пространственное распределение заметно отличается от распределения в плоском слое.

Рис.6. Глубинные распределения отношений доз в фантомах кролика /сплошные линии/ и крысы /пунктирные линии/ на различных расстояниях от оси фантома к дозам, измеренным в барьерной геометрии на луче дейтронов с энергией 4 ГэВ/нукл.



Характеристики дозных полей включают в себя сведения о составе и энергетическом распределении вторичных заряженных частиц, которые необходимы для оценки вклада последних в поглощенную дозу.

Для экспериментальной оценки этого вклада были разработаны спектрометр с идентификацией заряженных частиц по заряду и спектрометр линейной передачи энергии /ЛПЭ/ для измерения распределений ЛПЭ в полях с широким угловым распределением частиц.

В первом спектрометре заряженные частицы регистрируются телескопом, состоящим из двух полупроводниковых детекторов, D1 и D2 /рис.7/, между которыми располагается поглотитель переменной толщины t . Надлежащий выбор уровней дискриминации обеспечивает идентификацию зарегистрированных телескопом заряженных частиц с зарядами от 1 до 6 в энергетическом диапазоне, зависящем от толщины поглотителя t между детекторами.

ЛПЭ-спектрометр — это тоже телескоп из двух полупроводниковых детекторов, первый из которых фиксирован, а второй может перемещаться. Усиленные импульсы с детекторов поступают на линейную схему пропускания: с первого — на линейный, а со второго — на управляющий вход схемы пропускания, а затем на амплитудный анализ. Поскольку при изменении расстояний между детекторами изменяется диапазон углов, под которыми регистрируются частицы, то разность аппаратных спектров при двух различных расстояниях между детекторами дает информацию о спектре ЛПЭ в соответствующем угловом диапазоне.

Для измерения энергетических спектров вторичных протонов, рождающихся в фантомах биообъектов, использовался спектрометр-телескоп, детектирующая часть которого состоит из детектора цилиндрической формы со сферическим углублением, в которое вложен второй детектор — шаровой формы. Оба детектора выполнены из пластического сцинтиллятора на основе полистирола.

Созданный спектрометр с идентификацией частиц по заряду позволил исследовать энергетический спектр вторичных заряженных частиц с энергией до 100 МэВ/нукл. и с зарядами от 1 до 6. В табл.1 представлены вычисленные по результатам измерений дозовые вклады от вторичных частиц, полученные при облучении фантома кролика альфа-частицами с энергией 4 ГэВ/нукл.

Таблица 1

Вклад вторичных заряженных частиц с энергиями до 100 МэВ/нукл. в поглощенную дозу /в %/

Толщина, г/см ²	Заряд	1	2	3	4	5	6
0		2,2 _{+0,3}	1,0 _{+0,2}	1,1 _{+0,2}	1,0 _{+0,3}	0,5 _{+0,2}	0,2 _{+0,1}
3		3,2 _{+0,4}	2,0 _{+0,3}	1,9 _{+0,4}	1,3 _{+0,4}	0,9 _{+0,4}	0,4 _{+0,3}
6		3,3 _{+0,4}	1,9 _{+0,3}	1,8 _{+0,4}	1,4 _{+0,4}	0,9 _{+0,4}	0,4 _{+0,3}
18		4,2 _{+0,5}	2,5 _{+0,4}	2,6 _{+0,6}	2,0 _{+0,7}	1,0 _{+0,4}	0,6 _{+0,4}

Эти дозовые вклады обусловлены потоками вторичных заряженных частиц, составляющими в зависимости от фантома всего от 0,4 до 1% от интегрального потока первичных частиц.

Измеренная компонента вторичных заряженных частиц существенна в плане интерпретации результатов радиобиологических экспериментов. Так, среднее значение коэффициента качества для измеренной компоненты вторичного излучения составляет 6,3, что приводит к возрастанию этого коэффициента в фантоме кролика до 1,7.

На рис.8 и 9 приведены энергетические спектры вторичных протонов, полученные с помощью соответственно спектрометра с идентификацией частиц по заряду и спектрометра-телескопа с изотропным детектором. Эти спектры хорошо согласуются между собой.

Спектры, измеренные ЛПЭ-спектрометром на пучках дейтронов в фантоме кролика в диапазоне ЛПЭ 15 ± 150 МэВ·г⁻¹·см² не меняли своего характера на различных толщинах фантома; их можно описать зависимостью $dN/dL = a/(L^2 + b)$. На рис.10 представлено распределение дозы от вторичных частиц по ЛПЭ, полученное на основе результатов измерения с помощью ЛПЭ-спектрометра. Это распределение имеет максимум в области 30 МэВ·г⁻¹·см², что соответствует энергии протонов, зарегистрированных спектрометром-телескопом с изотропным детектором, а также спектро-

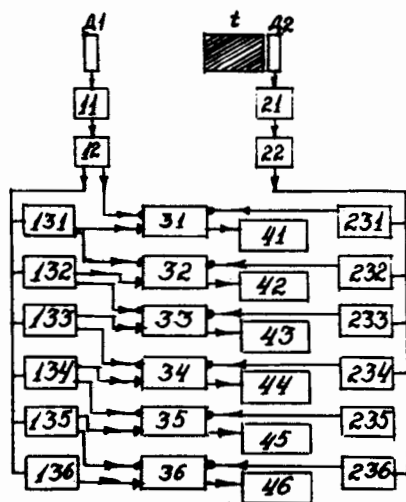


Рис. 7. Блок-схема спектрометра с идентификацией частиц по заряду в энергетическом интервале до 100 МэВ/нукл.

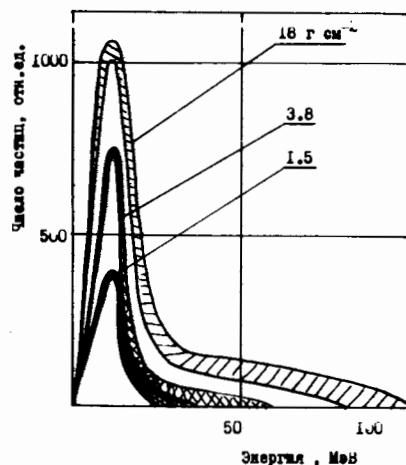


Рис. 9. Энергетические спектры вторичных протонов, полученные с помощью спектрометра-телескопа с изотропным детектором на пучке альфа-частиц с энергией 4 ГэВ/нукл. для различных толщин фантома кролика.

метром с идентификацией частиц по заряду, что свидетельствует о том, что вторичные протоны дают основной вклад в дозу от вторично заряженных частиц.

Основным детектором для измерения поглощенной дозы при проведении радиобиологических экспериментов на пучках синхро-

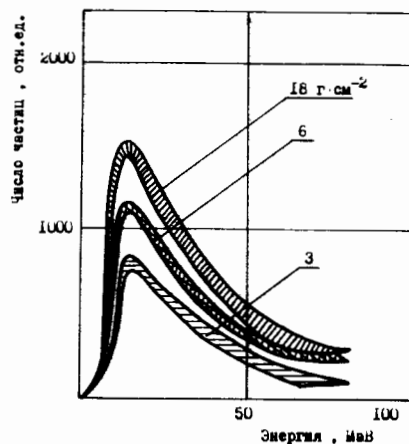


Рис. 8. Энергетические спектры вторичных протонов, полученные с помощью спектрометра с идентификацией частиц по заряду на пучке альфа-частиц с энергией 4 ГэВ/нукл. для различных толщин фантома кролика.

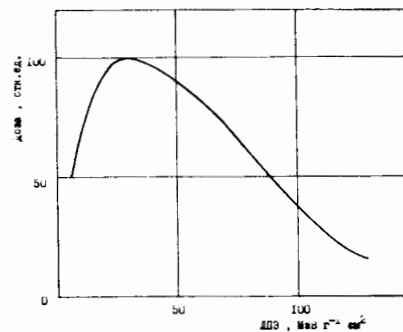


Рис. 10. Распределение дозы от вторичных заряженных частиц в фантоме кролика по ЛПЭ на глубине 14,1 г см для дейтронов с энергией 4 ГэВ/нукл.



Рис. 11. Мониторная проходная плоскопараллельная ионизационная камера. 1 - корпус камеры с охранными кольцами, 2 - держатели электродов, 3 - высоковольтные электроды, 4 - собирающий электрод, 5 - крепящие шпильки.

фазотрона являлась ионизационная камера конденсаторного типа. Конденсаторные камеры периодически градуировались на источниках γ -излучения Cs-137 установок УПД-1 и "Старт"/5/ при различных значениях мощности дозы.

В качестве монитора использовалась проходная плоскопараллельная ионизационная камера диаметром 100 мм с суммарной толщиной материала по пучку $0,32 \text{ г} \cdot \text{см}^{-2}$ /рис. 11/. Камера выполнена трехсекционной с собирающим электродом в середине. Расстояние между электродами равно 10 мм, что обеспечивает практически полное собирание ионов при рабочем напряжении на камере 1500 В. Конструктивной особенностью камеры является использование элементов корпуса в качестве охранных электродов, что облегчает ее сборку и обеспечивает надежность в эксплуатации.

Ток с мониторирующей камеры регистрируется интеграторами тока. Один тип интегратора имеет крутизну характеристики $3 \cdot 10^9 \text{ Гц} \cdot \text{А}^{-1}$ и охватывает диапазон тока $10^{-5} \div 10^{-9} \text{ А}$ /11/. При малых интенсивностях использовался интегратор тока, имеющий крутизну $4 \cdot 10^{11} \text{ Гц} \cdot \text{А}^{-1}$ и охватывающий диапазон токов $10^{-9} \div 5 \cdot 10^{-12} \text{ А}$.

Интеграторы вырабатывают импульсы с частотой, пропорциональной току мониторирующей камеры, импульсы регистрируются пересчетной схемой с коммутирующим устройством, которое при наборе заданного числа импульсов отключает выводной магнит синхрофазотрона, разрывая цепь блокировки дверей экспериментального павильона, и сигнализирует о прекращении облучения.

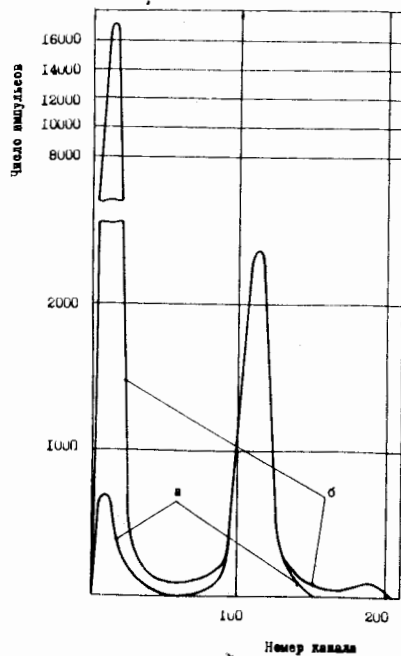
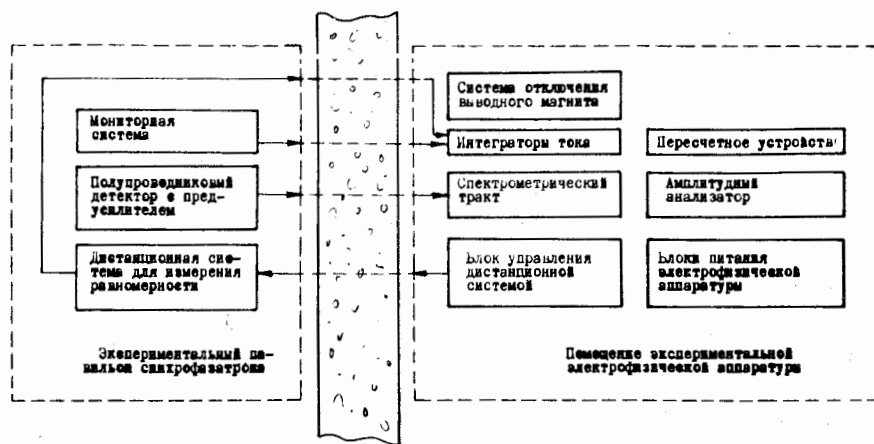


Рис. 12. Спектры энерговыделений в полупроводниковом детекторе на пучке ядер углерода с энергией 4 ГэВ/нукл., а/ пучок не касается стенок ионопровода, б/ пучок проходит стенки ионопровода.

Рис. 13. Блок-схема размещения электрофизической аппаратуры, используемой при проведении радиобиологических экспериментов на синхрофазотроне.



Кроме того, медико-биологический канал синхрофазотрона оснащен простым спектрометром с плоским полупроводниковым детектором, который имеет достаточно большую толщину чувствительного слоя /до 1 мм/. С помощью этого спектрометра измеряются

спектры энерговыделений в чувствительном слое детектора, дающие наглядную информацию о чистоте пучка. Распределение, приведенное на рис. 12 /а/, относится к случаю практического отсутствия касания пучком стенок ионопровода, а распределение /б/ соответствует выводу пучка слишком больших размеров, когда прохождение ускоренных заряженных частиц через стенки ионопровода вызывает рождение вторичных частиц. На этом рисунке представлены спектры энерговыделений в полупроводниковом детекторе с толщиной чувствительного слоя 900 мкм на пучке ускоренных до энергии 4 ГэВ/нукл. ядер углерода. Дозовые оценки, полученные на основании этих спектров, дают вклад вторичного излучения в первом случае около 5%, а во втором - почти 100% в дозу от первичного пучка в поле облучения.

На рис. 13 приведена блок-схема размещения электронной аппаратуры, используемой при проведении радиобиологических экспериментов на пучке канала МВ.

В настоящее время на синхрофазотроне ведутся работы по существенному повышению интенсивности пучка, выводимого по каналу БВ, что позволит расширить круг экспериментов, проводимых в корпусе 1Б. На площадке в этом корпусе предполагается также создать две ветви канала /рис. 3/ для медико-биологических исследований, которые будут работать одновременно.

Перспективным планом развития ОИЯИ на территории Лаборатории высоких энергий предусмотрено создание большого ускорительного комплекса тяжелых ионов ¹², в результате чего значительно расширится возможность проведения медико-биологических исследований. В этот комплекс входят вновь создаваемые инжектор, жесткофокусирующий синхротрон тяжелых ионов на промежуточные энергии /ТИС/ и существующий синхрофазотрон.

Комплекс позволит ускорять ионы всех масс, включая уран.

Синхротрон тяжелых ионов даст возможность получить ионы в широком диапазоне энергий от нескольких десятков МэВ/нукл. до максимальных значений, приведенных в табл. 2.

Таблица 2

Ионы	Легкие ядра Z/A= 1/2	⁴⁰ Ar ¹⁸⁺ 18	¹³² Xe ⁵²⁺ 54	²³⁸ U ⁷⁰⁺ 92
Максимальная энергия, МэВ/нукл.	810	690	560	340

Кулоновский предел по интенсивности ускоряемых ионов в кольце составляет ~10¹¹ ионов/имп. Частота повторения циклов регулируется от 1 до 3 цикл./с. Проектом предусмотрен быстрый

вывод с длительностью импульса 10^{-7} с и медленный - с длительностью $\sim 0,1$ с.

Вывод пучка из ТИСа с последующей его инжекцией и ускорением в синхрофазотроне позволит получить ускоренные ионы тяжелых элементов с энергией 3,6 ГэВ/нукл. /ксенон/ и 3,4 ГэВ/нукл. /уран/.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольдин Л.Л. и др. УФН, 1973, 110, вып.1, с.77.
2. Джелепов В.П. и др. В кн.: Труды Четвертой международной конференции ООН по использованию атомной энергии в мирных целях. Женева, 1972, т.13, с.147.
3. Biological and Medical Research with Accelerated Heavy Ions at the Bevalac, 1974-1977. LBL-5610, April, 1977.
4. Кудряшов Е.И. и др. ОИЯИ, 16-10261, Дубна, 1976.
5. Астрахан Б.В. и др. ОИЯИ, 16-4507, Дубна, 1969.
6. Baldin A.M. et al. IEEE Trans. on Nucl.Sci., 1981, vol.NS-28, No.3, p.2043.
7. Рыжов Н.И. и др. Радиобиологические эффекты в клетках и тканях млекопитающих при действии высокоэнергетических ионов гелия. Тезисы Симпозиума социалистических стран по космической биологии и медицине. Прага, 18-26 июня 1978 г. Прага, 1978, с.117-118.
8. Тенчова В.Б. и др. Радиобиология, 1980, 20, 6, с.919-921.
9. Волков В.И. и др. Контроль и управление медленного вывода. В кн.: Труды 7-го Всесоюзного совещания по ускорителям. Дубна, 1980, т.2, с.268.
10. Гладилкин А.Н. и др. Гамма-установки для радиобиологических исследований. Энергоиздат, М., 1981.
11. Зинов В.Г., Краснобородов Б.С. ПТЭ, 1978, №4, с.108.
12. Балдин А.М. и др. ОИЯИ, 9-11796, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 января 1982 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д1,2-9224	IV Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1975.	3 р. 60 к.
Д-9920	Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976.	3 р. 50 к.
Д9-10500	Труды II Симпозиума по коллективным методам ускорения. Дубна, 1976.	2 р. 50 к.
Д2-10533	Труды X Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Баку, 1976.	3 р. 50 к.
Д13-11182	Труды IX Международного симпозиума по ядерной электронике. Варна, 1977.	5 р. 00 к.
Д17-11490	Труды Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1977.	6 р. 00 к.
Д6-11574	Сборник аннотаций XV совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Дубна, 1978.	2 р. 50 к.
Д3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Р18-12147	Труды III совещания по использованию ядерно-физических методов для решения научно-технических и народно-хозяйственных задач. Дубна, 1978.	2 р. 20 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
Р2-12462	Труды V Международного совещания по нелокальным теориям поля. Алушта, 1979.	2 р. 25 к.
Д-12831	Труды Международного симпозиума по фундаментальным проблемам теоретической и математической физики. Дубна, 1979.	4 р. 00 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д2-81-158	Труды XIV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий, Дубна, 1980	3 р. 50 к.

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

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Зиновьев Л.П. и др. 18-82-65
Возможности использования синхрофазотрона ЛВЭ ОИЯИ
для медико-биологических целей

Дано описание каналов пучков, созданных на синхрофазотроне ОИЯИ для проведения медико-биологических экспериментов при энергии от 0,2 до 4 ГэВ/нукл. Приведены результаты исследования в пучках канала медленного вывода дозовых и спектральных характеристик полей радиационного воздействия на биологические объекты.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Zinoviev L.P. et al. 18-82-65
Possibilities of JINR Synchrophasotron Application
for Medical and Biological Purposes

The beam transport lines existing on the JINR synchrophasotron for medical and biological experiments at 0.2 upto 4 GeV/nucleon energy are described. The research results of dose and spectrum characteristics obtained on the main slow extraction line for radiation field are presented.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.