

**сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна**

4898/82

9-82-556

**Ю.Д.Безногих, В.Н.Булдаковский, В.П.Вадеев,  
М.А.Воеводин, В.И.Волков, Е.Д.Донец,  
В.Г.Дудников, В.П.Заболотин, Л.П.Зиновьев,  
А.С.Исаев, И.Б.Иссинский, И.И.Карпов,  
Л.Г.Макаров, В.А.Мончинский, С.А.Новиков,  
В.Н.Перфеев, А.И.Пикин, И.Н.Семенюшкин,  
В.М.Слепнев, С.В.Федуков, С.А.Хорозов,  
А.П.Царенков, В.И.Черников, Д.И.Шерстянов,  
И.Н.Яловой**

**СИНХРОФАЗОТРОН ОИЯИ**

**Работа и совершенствование**

**(IV квартал 1981 г.)**

**1982**

## 1. РАБОТА УСКОРИТЕЛЯ И НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

В IV квартале 1981 г. было запланировано 1535 ч работы ускорителя. На физические исследования использовано 1206 ч /78,6%, на совершенствование синхрофазотрона - 210 ч /13,7%. Технологическая подготовка заняла 63 ч /4,1%, потери времени по причине простоев оборудования составили 56 ч /3,6%.

В синхрофазотроне ускорялись дейтроны, ядра гелия, углерода и неона. Интенсивность ускоряемых частиц в импульсе, длительность работы и давление в вакуумной камере ускорителя представлены в табл.1.

Таблица 1

	$\bar{N}$	$N_{\max}$	T /часы/	$p/10^{-8}$ Тор/
d	$2,4 \cdot 10^{11}$	$4,0 \cdot 10^{11}$	468	2,4
$^4\text{He}$	$2,1 \cdot 10^{10}$	$5,0 \cdot 10^{10}$	139	2,2
$^{12}\text{C}$	$1,0 \cdot 10^6$	$3,0 \cdot 10^6$	880	2,2
$^{22}\text{Ne}$	$1,5 \cdot 10^3$		48	1,8

Приведем, соответственно, параметры синхрофазотрона и режим его работы в течение всего 1981 г. Было запланировано 4135 ч работы ускорителя. На физические исследования использовано 3309 ч /80,0%, на совершенствование синхрофазотрона - 466 ч /11,3%. Технологическая подготовка заняла 181 ч /4,4%, простои оборудования - 178 ч /4,3%.

Вид ускоряемых ядер, интенсивность и время работы в 1981 г приведены в табл.2.

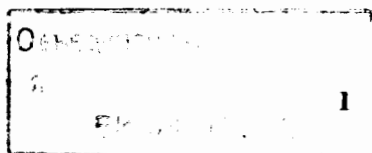
Таблица 2

	$\bar{N}$	$N_{\max}$	T /часы/
p	$3,0 \cdot 10^{11}$	$6,0 \cdot 10^{11}$	1318
d	$2,0 \cdot 10^{11}$	$4,0 \cdot 10^{11}$	969
$\bar{d}$	$1,3 \cdot 10^8$	$1,5 \cdot 10^8$	256
$^4\text{He}$	$1,3 \cdot 10^{10}$	$5,0 \cdot 10^{10}$	664
$^{12}\text{C}$	$1,0 \cdot 10^6$	$3,0 \cdot 10^6$	880
$^{22}\text{Ne}$	$1,5 \cdot 10^3$		48

Коэффициент использования ускорителя для физических исследований:

IV квартал 1981 г  
в 1981 г

K=1,90  
K=1,82.



На протяжении 1981 г. 68% времени работы синхрофазотрона было выделено для проведения экспериментов на пучках ускоренных ядер и 32% - на пучке протонов.

В соответствии с проблемно-тематическим планом ОИЯИ в течение квартала были выполнены исследования по кумулятивному образованию частиц, измерены спектры вторичных легких частиц, испускаемых при взаимодействии углерода со свинцом под несколькими углами в интервале  $30^\circ-100^\circ$  и определены дифференциальные сечения испускания заряженных частиц. Продолжался набор экспериментального материала по изучению дейтрон-ядерного рассеяния, фрагментации ядер. Измерены сечения взаимодействия  $^{22}\text{Ne}$  на С, Al, Cu, Pb. На 2-метровой пропановой и 1-метровой жидководородной пузырьковой камере в пучках ядер  $^{12}\text{C}$  и монохроматических нейтронов получено около 170 тысяч фотографий. Выполнены методические исследования, а также эксперименты в области радиобиологии.

## 2. УСКОРЕНИЕ ЯДЕР $^{22}\text{Ne}$

Для проведения физических исследований на ускорителе наибольший интерес представляют чистые пучки ускоренных частиц. При ускорении ядер  $^{12}\text{C}$  и  $^{16}\text{O}$  достаточная чистота этих пучков была обеспечена инжекцией в электронный пучок ионного источника КРИОН-1 рабочего вещества с очень низким уровнем примесей. Тем не менее в случае ускорения ядер  $^{20}\text{Ne}$  уровень примесей оказался слишком высоким. Такие примеси обычно имеются в пучке ядер, полученном из источника КРИОН. Они образуются в очень малом количестве из компонентов остаточного газа. Однако вследствие подхвата электронов ядрами пучка при столкновении их с атомами остаточного газа в камере синхрофазотрона происходит уменьшение количества ускоряемых ядер и неона в большей степени, чем более легких ядер. В итоге происходит относительное обогащение этого пучка ядрами более легких элементов /рис.1/. При первых попытках ускорения  $^{20}\text{Ne}$  доля ядер в ускоренном пучке не превышала нескольких процентов.

В ходе декабрьского сеанса работы ускорителя была сделана успешная попытка ускорения изотопа  $^{22}\text{Ne}$ . У этого ядра отношение  $\frac{m}{Z} = 2,2$ , что на 10% выше, чем у подавляющего большинства примесей. Закон связи частоты ускоряющего напряжения  $f$  с ведущим магнитным полем  $H$  ускорителя был подобран для резонансного ускорения ядер с  $\frac{m}{Z} = 2,2$ . В этом случае практически все другие ядра, инжектированные в кольцо синхрофазотрона, быстро выбыли из процесса ускорения.

В результате по окончании цикла ускорения в канале медленного вывода /МВ/ был получен чистый пучок ядер  $^{22}\text{Ne}$  с энергией 73 ГэВ /рис.2/.

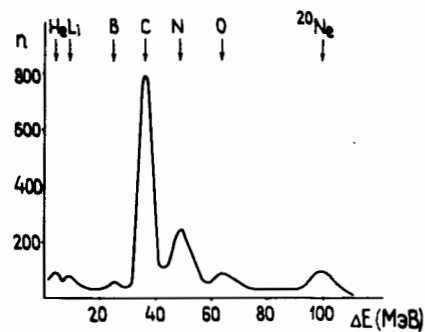


Рис. 1

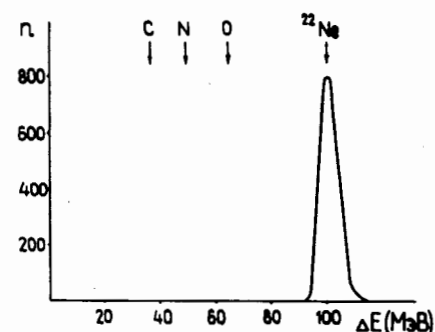


Рис. 2

Основные параметры ионного источника КРИОН-1 были следующими:  
Ток ионного пучка  $I_e = 50$  мА

Плотность тока ионизирующих электронов  $j = 60$  А/см<sup>2</sup>

Энергия ионизирующих электронов  $E_e = 8$  кэВ

Время ионизации  $\tau = 300$  мс

Рекуперация энергии электронного пучка составила 50%, доля ядер  $^{22}\text{Ne}$  в спектре ионов на выходе источника оценивается в 10%.

Инжекция ядер в линейный ускоритель ЛУ-20 происходила при повышенном по сравнению с обычным напряжении на форинжекторе /ФИ/. Величина индукции магнитного поля ускорителя в момент инжекции в кольцо  $B = 258$  Гс.

Интенсивность пучка в процессе ускорения:

После ЛУ-20  $N_i = 5,0 \cdot 10^8$  ядер/имп.

В бетатронном режиме  $N_\beta = 3,5 \cdot 10^8$  ядер/имп.

В конце ускорения  $N_k = 1-2 \cdot 10^3$  ядер/имп.

Выведенным пучком ядер изотопа  $^{22}\text{Ne}$  с энергией 73 ГэВ облучено 18 стоек ядерных фотозмульсий.

КРИОН-1 использовался также при ускорении в синхрофазотроне ядер  $^{12}\text{C}$ . При этом основные параметры источника и других систем ускорителя оставались такими же, как и в предыдущем сеансе ускорения углерода /1/. Была лишь модифицирована система подогрева катода источника: для увеличения срока жизни катода введен дополнительный импульсный подогрев.

## 3. КАНАЛ БЫСТРОГО ВЫВОДА /БВ/

Были продолжены работы по увеличению интенсивности пучка в канале БВ. На трассе выводимого пучка внутри камеры синхрофазотрона смонтированы устройства для измерения положения и размеров пучка на выходе из магнита-дефлектора /МД/: на координатах осей окон №7,10, между окнами 10 и 11 и в конце квадранта 1.

На оси окна 7 смонтирована плунжирующая мишень с насадкой, позволяющей устанавливать фотопленку; на оси окна 10 - сцинтилляционный телеэкран; между окнами 10 и 11 - "карман" для установки фотопленок и в конце квадранта 1 - второй сцинтилляционный телеэкран.

Результаты исследований показали возможность существенного увеличения интенсивности пучка на выходе из ускорителя за счет его фокусировки в горизонтальной плоскости с помощью ранее установленной перед магнитом МД линзы быстрого вывода.

Однако этот эффект фокусировки существенно ослабляется из-за изменения полей в магните и линзе в течение времени вывода, составляющего  $\approx 0,7$  мс.

В настоящее время при облучении пузырьковых камер, требующих значительного снижения интенсивности, питание этих магнитных элементов осуществляется импульсным током в форме полуволны синусоиды длительностью 6 мс. В дальнейшем эти работы будут продолжены при питании отклоняюще-фокусирующей системы столбобразными импульсами тока.

#### 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

В табл. 3 представлены результаты проведенных измерений по "кусту" реперов.

Таблица 3

№ цикла	Дата проведения	№ репера	S тек.	S абс.	Средняя квадратич. погрешность
			мм		
84	октябрь	1	+0,01	-0,10	+0,012
		2	+0,07	-0,03	
		3	+0,01	+0,01	
		4	-0,09	-0,04	
85	ноябрь	1	-0,06	-0,16	+0,013
		2	0,00	-0,03	
		3	-0,02	-0,01	
		4	+0,07	+0,03	
86	декабрь	1	+0,02	-0,14	+0,013
		2	+0,02	-0,01	
		3	+0,02	+0,01	
		4	-0,02	+0,01	

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безногих Ю.Д. и др. ОИЯИ, 9-81-382, Дубна, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел  
15 июля 1982 года.

Безногих Ю.Д. и др. Синхрофазотрон ОИЯИ. Работа и совершенствование /IV квартал 1981 г./

9-82-556

Приводятся сведения о работе ускорителя в IV квартале 1981 г. и на протяжении всего года. Для ускорения ядер тяжелее протонов использован электронно-лучевой источник КРИОН-1. Ускорены ядра углерода  $^{12}\text{C}$  и впервые - ядра изотопа  $^{22}\text{Ne}$ . Ядра  $^{20}\text{Ne}$  ускорялись раньше, но в конце ускорения малая величина интенсивности ядер  $^{20}\text{Ne}$  была одной из составляющих спектра пучка, состоящего из ядер более легких элементов. Использование изотопа  $^{22}\text{Ne}$  позволило получить на выходе ускорителя чистый пучок ядер неона. Продолжаются работы по увеличению интенсивности в канале быстрого вывода. Исследования показали необходимость изменения формы питающего напряжения магнита и линзы канала. Приведены результаты геодезического контроля положения куста реперов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Beznoгих Yu.D. et al. Dubna Synchrophasotron. Operation and Improvement (Quarter IV, 1981)

9-82-556

Information is presented on the accelerator operation in quarter IV, 1981 and during this year. To accelerate nuclei which are heavier than protons, the electron-beam ion source KRION-1 was used.  $^{12}\text{C}$  nuclei were accelerated. First  $^{20}\text{Ne}$  nuclei were accelerated. The nuclei of  $^{22}\text{Ne}$  were accelerated previously, but at the end of the acceleration a small value of their intensity was one of the components of the spectrum of the beam consisting of light elements. The use of  $^{22}\text{Ne}$  isotope allowed a pure beam of neon nuclei to be obtained at the output of the accelerator. The works on increasing the intensity in the channel of fast ejection are being continued. The studies have shown that the form of the magnet feed voltage and a channel lens should be changed. Results of geodetic control for the position of bench mark group are presented.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.