



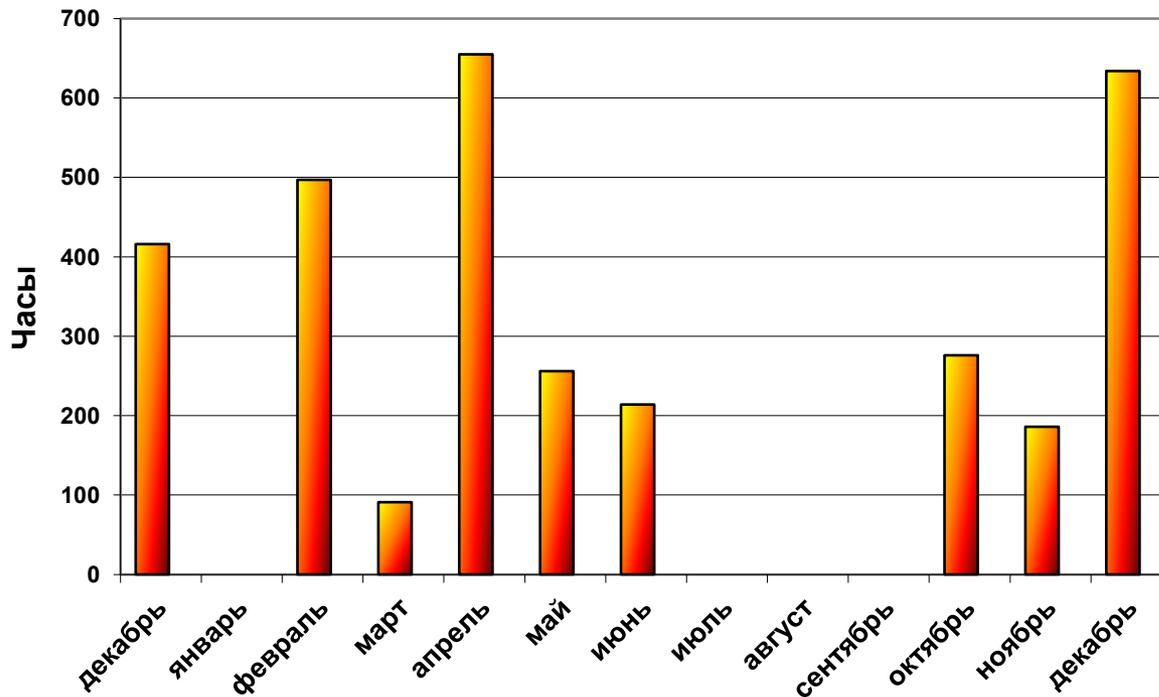
Ускорительный отдел.



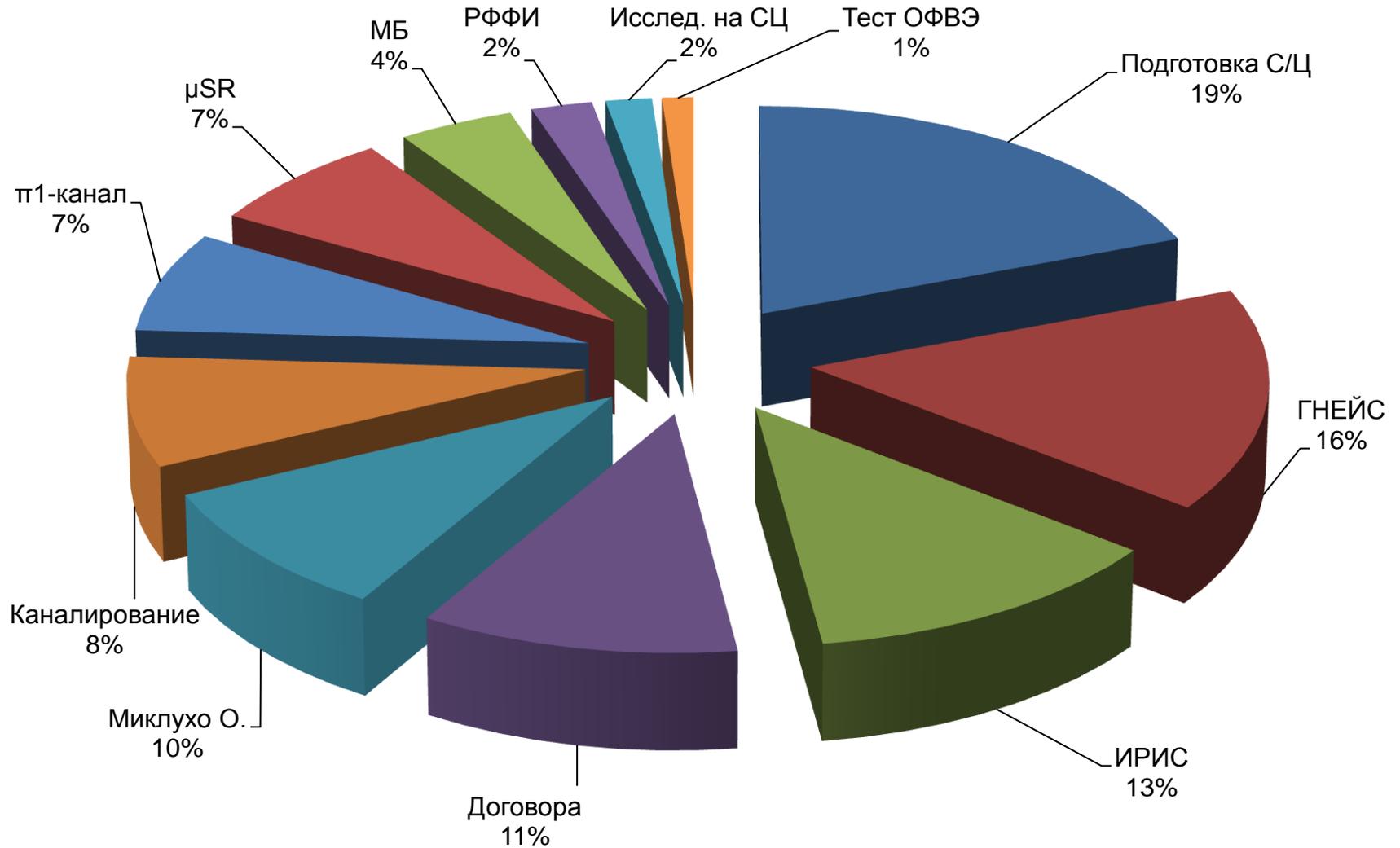
2016 год



**Работа ускорителя в 2015 - 2016 г.
(всего 3225 часа за период декабрь 2015 - декабрь 2016 г.)**



декабрь 2015 - декабрь 2016





Комплекс протонной терапии ПИЯФ НИЦ КИ

В 2016 году облучение пациентов не проводилось: приводим в порядок разрешительные документы в соответствие с нормативной базой; получаем лицензию на комплекс как на изделие медицинского назначения.

Одновременно проводится модернизация систем комплекса с целью улучшения эксплуатационных характеристик:

- Проведена модернизация механических узлов перемещения стола и прибора-фиксатора головы
- Выполнена замена шаговых двигателей и датчиков угловых перемещений
- Обновлено ПО
- Включены ряд дополнительных функций, таких, как адаптивное изменение скорости движения прибора-фиксатора и лечебного стола в зависимости от интенсивности протонного пучка с целью точного согласования заданного числа проходов и дозы.

Проведена встреча с мед.персоналом на тему актуальности используемого метода.

Совместно с ОМРБ готовимся к работе «Влияние космического излучения на центральную нервную систему».



Работа с РИМР (КОМИНТЕРН)



9.5 С учетом того, что приборы УСП стабильно работают при параллельном включении, долговременная стабильность выходного напряжения (тока) и стабильность при колебаниях питающей сети определяются стабильностью задающего сигнала и встроенного токоизмерительного шунта прибора УСП, разработка источников питания для магнитных элементов синхротрона возможна на базе технических решений приборов УСП.

от РИМР

Астахова Н.Л. _____

Гудушин И.В. _____

Константинов В.А. _____

Кудрявцев И.Ю. _____

Свешников А.А. _____

от ПИЯФ

Иванов Е.М. _____

Петров И.А. _____

Сухоруков Л.А. _____

Михеев Г.Ф. _____

Покровский А.С. _____

Новиков В.С. _____





ЦИКЛОТРОН

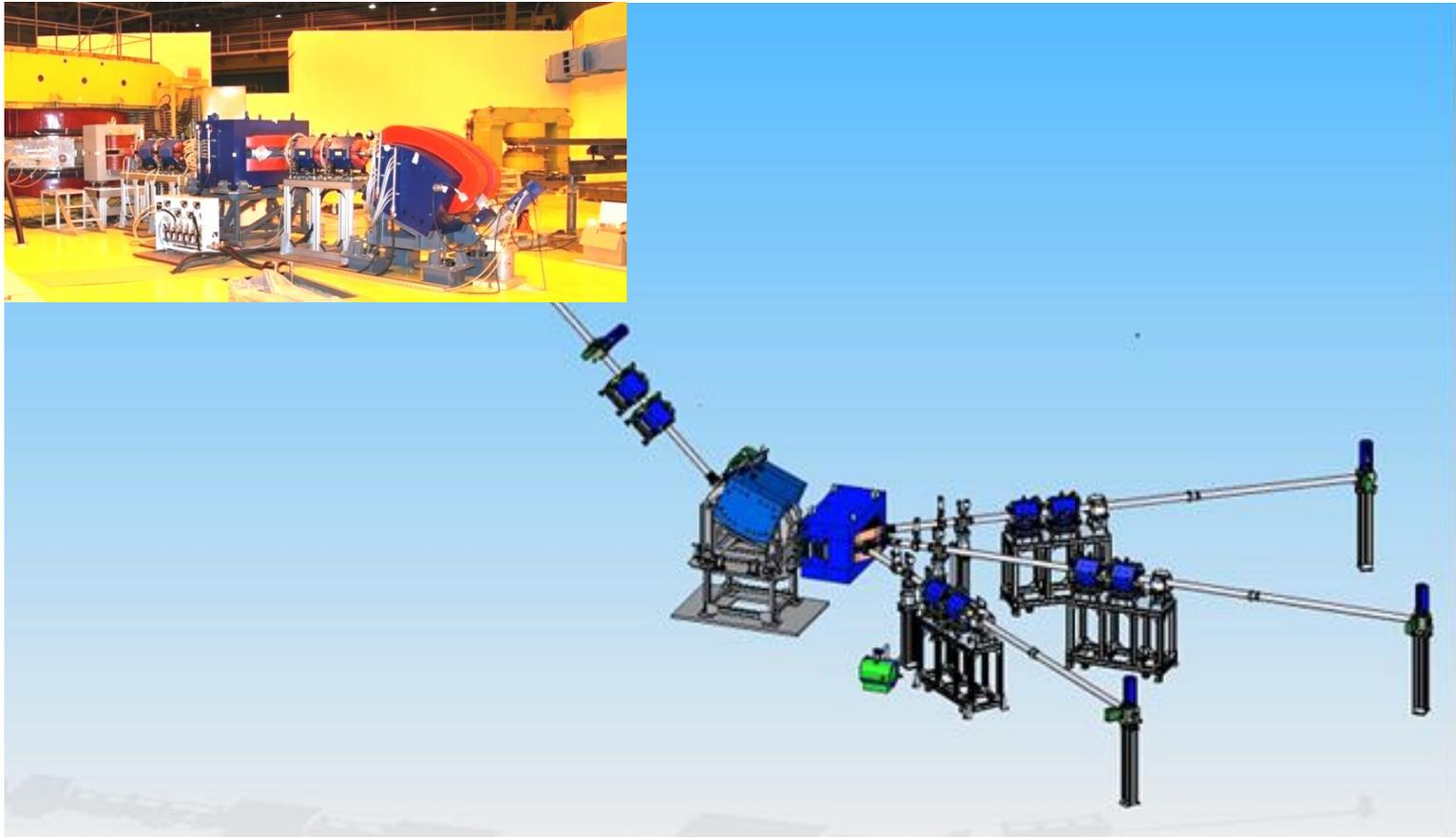
Технические параметры циклотрона Ц-80

Ускоряемые частицы	H⁻-ионы
Инжекция	внешняя, аксиальная
Способ вывода	метод перезарядки
Энергия выведенных ускоренных протонов	40÷80 МэВ
Интенсивность выведенного протонного пучка	до 100 мкА



ЦИКЛОТРОН





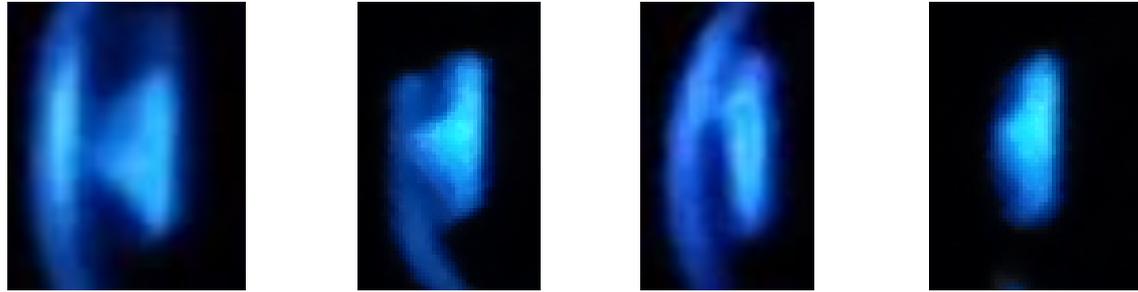


Нижний уровень





5 декабря 2014 года осуществлен запуск Ц-80, получен ускоренный пучок H^- -ионов до радиуса 30 см интенсивностью 30 мкА и энергией 10 МэВ.



Автографы пучка H^- -ионов на кварцевом стекле внутри камеры. Получены 17.12.2014 г.

В январе 2015 г. была создана комиссия по приему циклотрона в опытную эксплуатацию.

В апреле 2015 г. Циклотрон введен в опытную эксплуатацию.

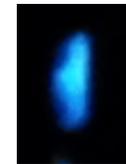
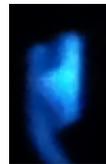
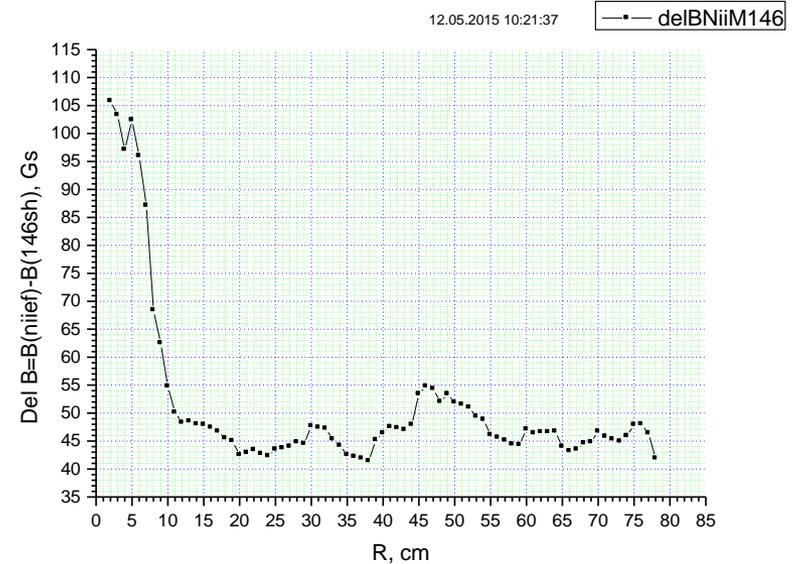
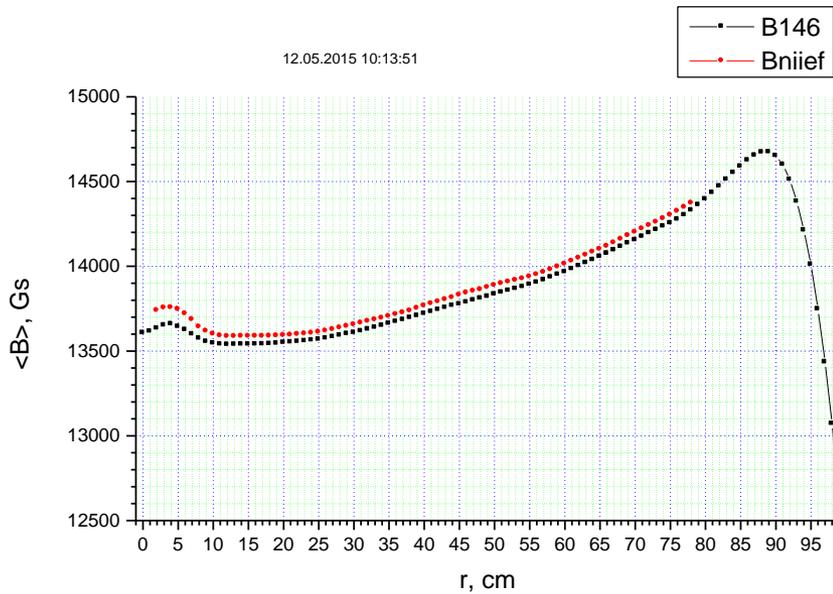
В мае 2015 был выполнен расчет допустимой выведенной интенсивности протонного пучка при существующей биологической защите.

Расчет прошел экспертизу и на основании расчета выдано СЭЗ.

23.10.2015 получено СЭЗ на Ц-80.

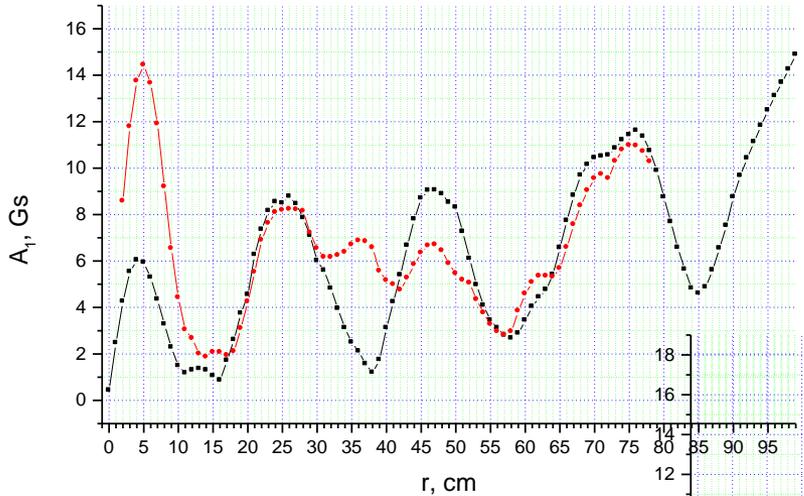


Измерение магнитного поля Ц-80 с вакуумной камерой. Май 2015.



Автографы пучка N^- -ионов на кварцевом стекле внутри камеры. Получены 17.12.2014 г.

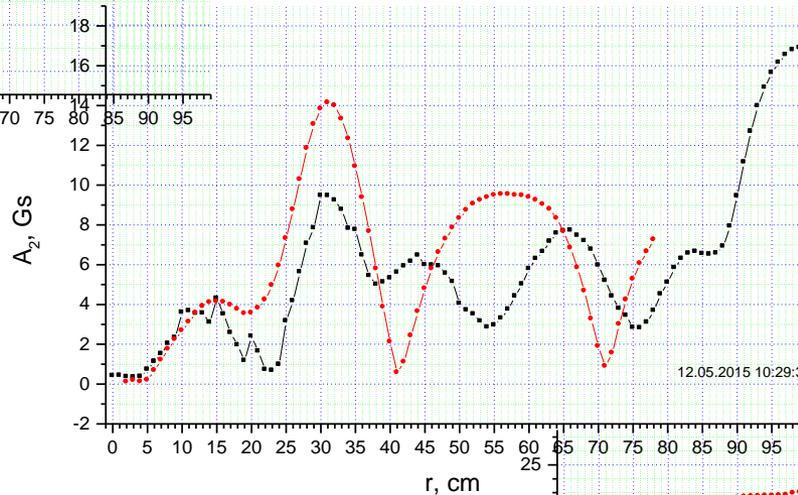
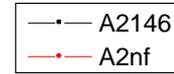
08.05.2015 15:45:04



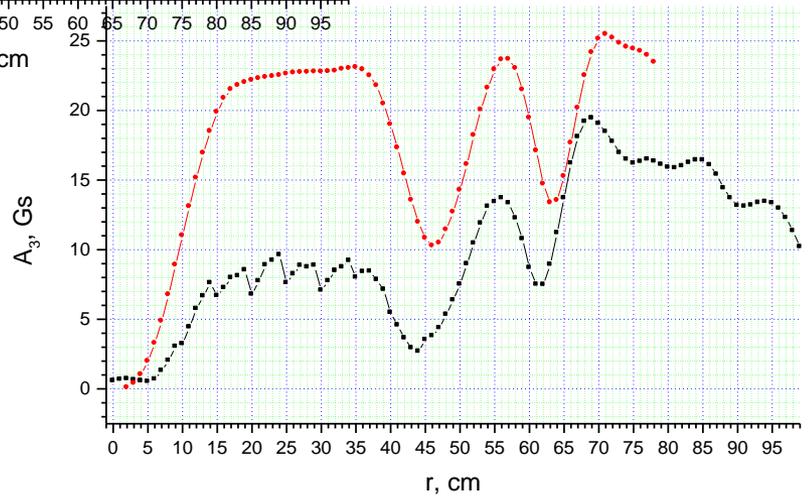
$$B(r, \theta) = \bar{B}(r) \left\{ 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \left[a_k(r) \cos\left(\frac{\pi}{l} k\theta\right) + b_k(r) \sin\left(\frac{\pi}{l} k\theta\right) \right] \right\}$$

$$= \bar{B}(r) \left\{ 1 + \sum_{k=1}^{\infty} A_k(r) \cos \frac{\pi}{l} k [\theta - \psi_k(r)] \right\}.$$

12.05.2015 10:27:42



12.05.2015 10:29:30



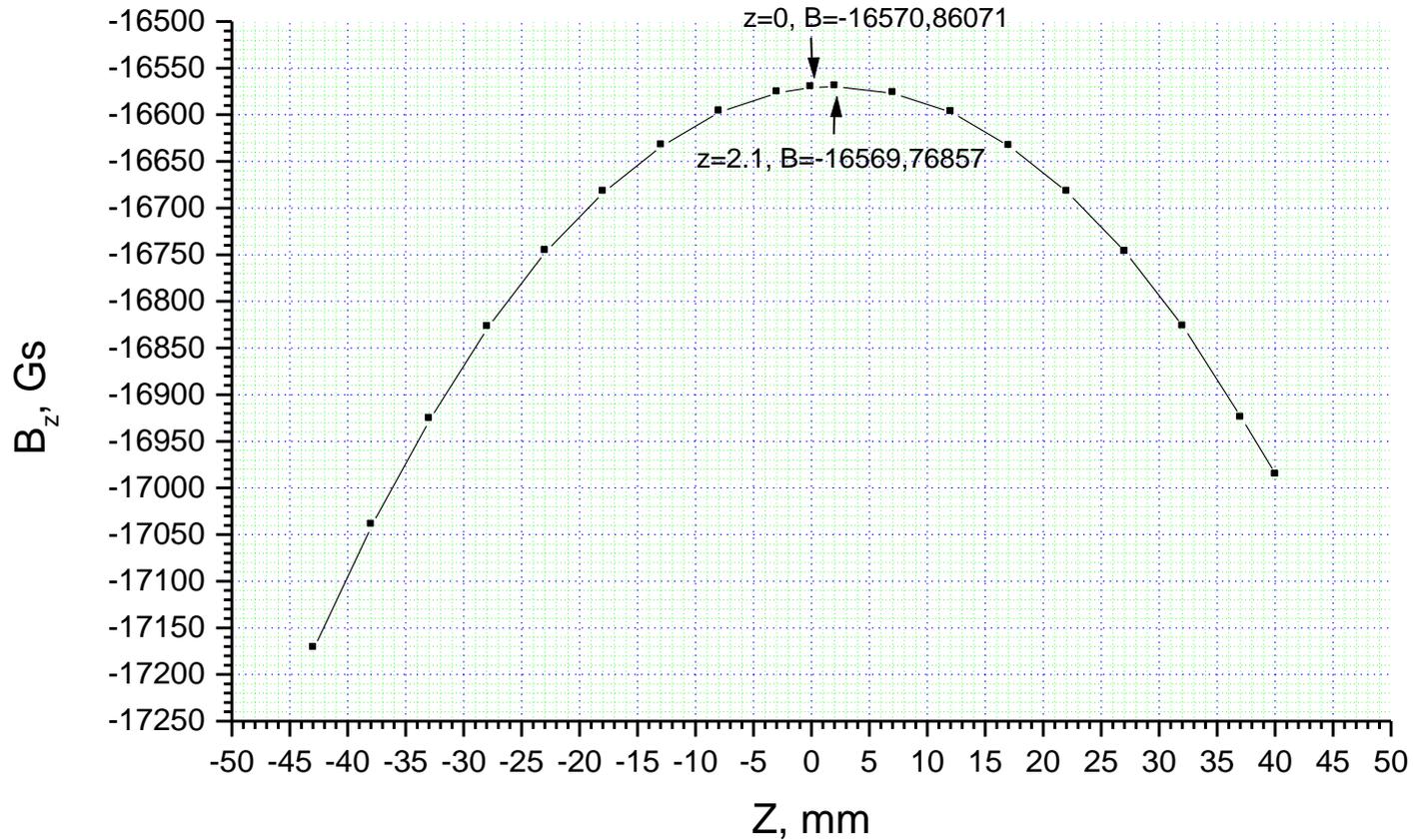
$$\bar{B}(r) = \frac{1}{2l} \int_0^{2l} B(r, \theta) d\theta$$

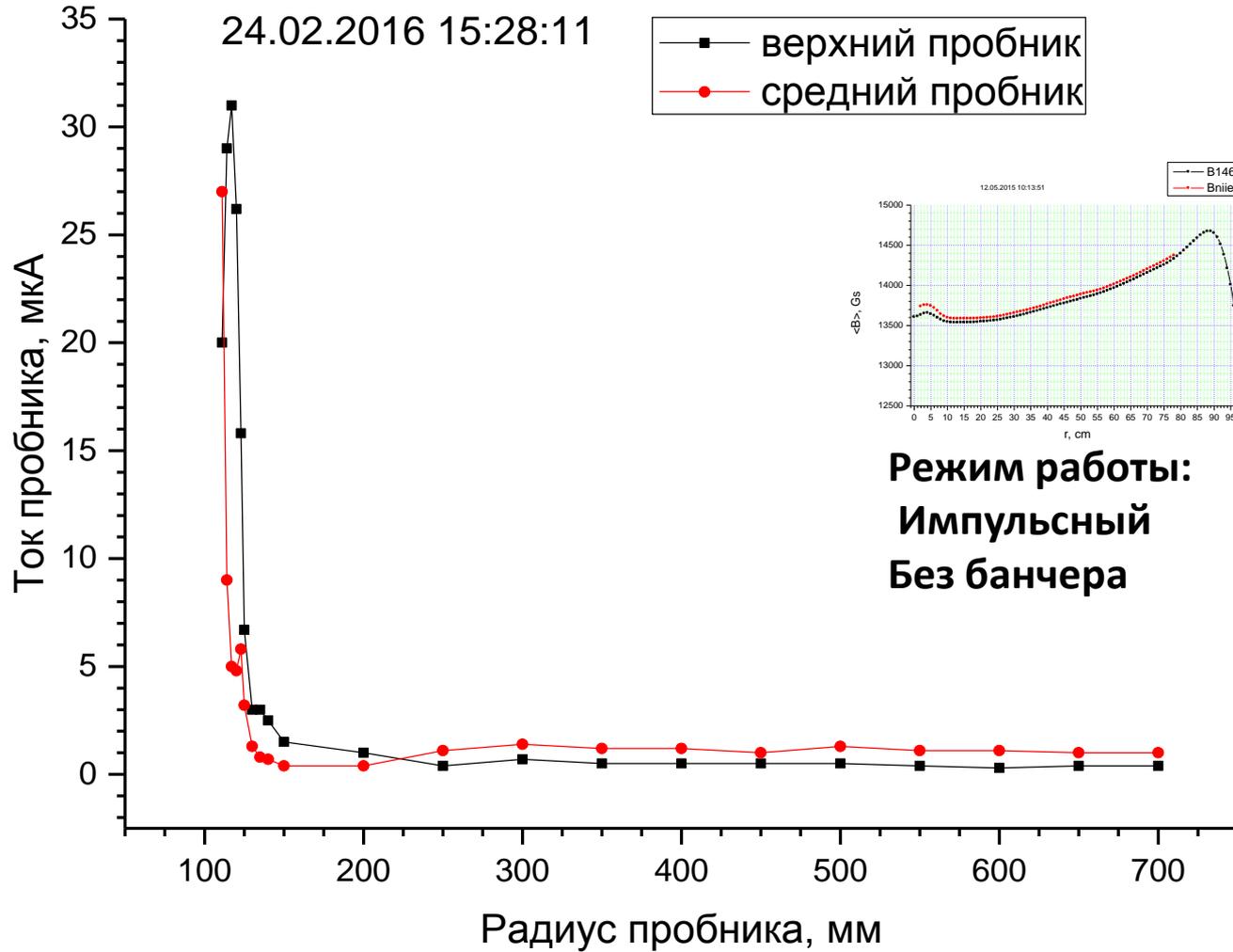
$$T = 2l \quad l = \frac{\pi}{N} \quad l = \pi$$



15.05.2015 09:21:26

—■— B, R=840, $\theta=?$





03.03.2016





НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

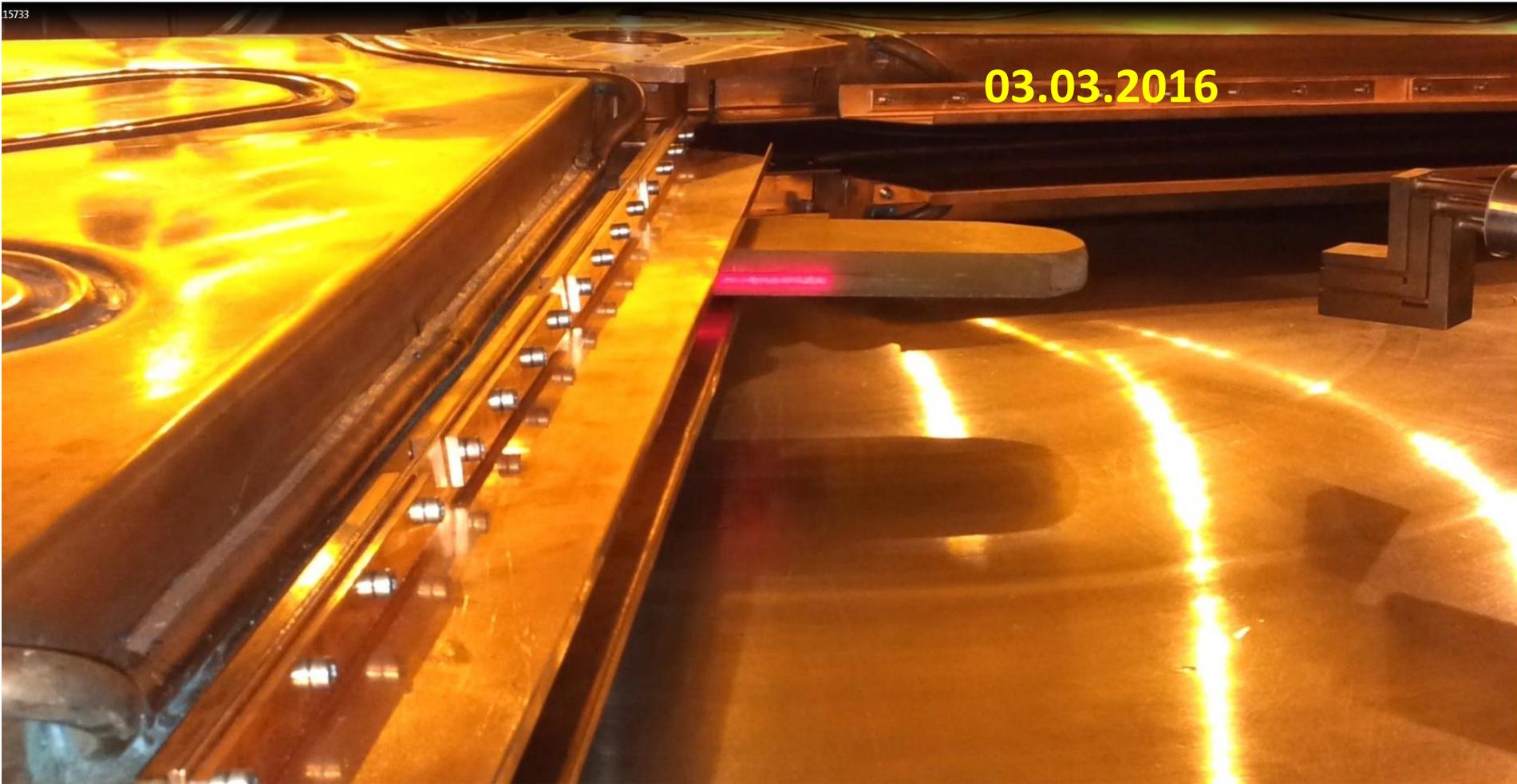


ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

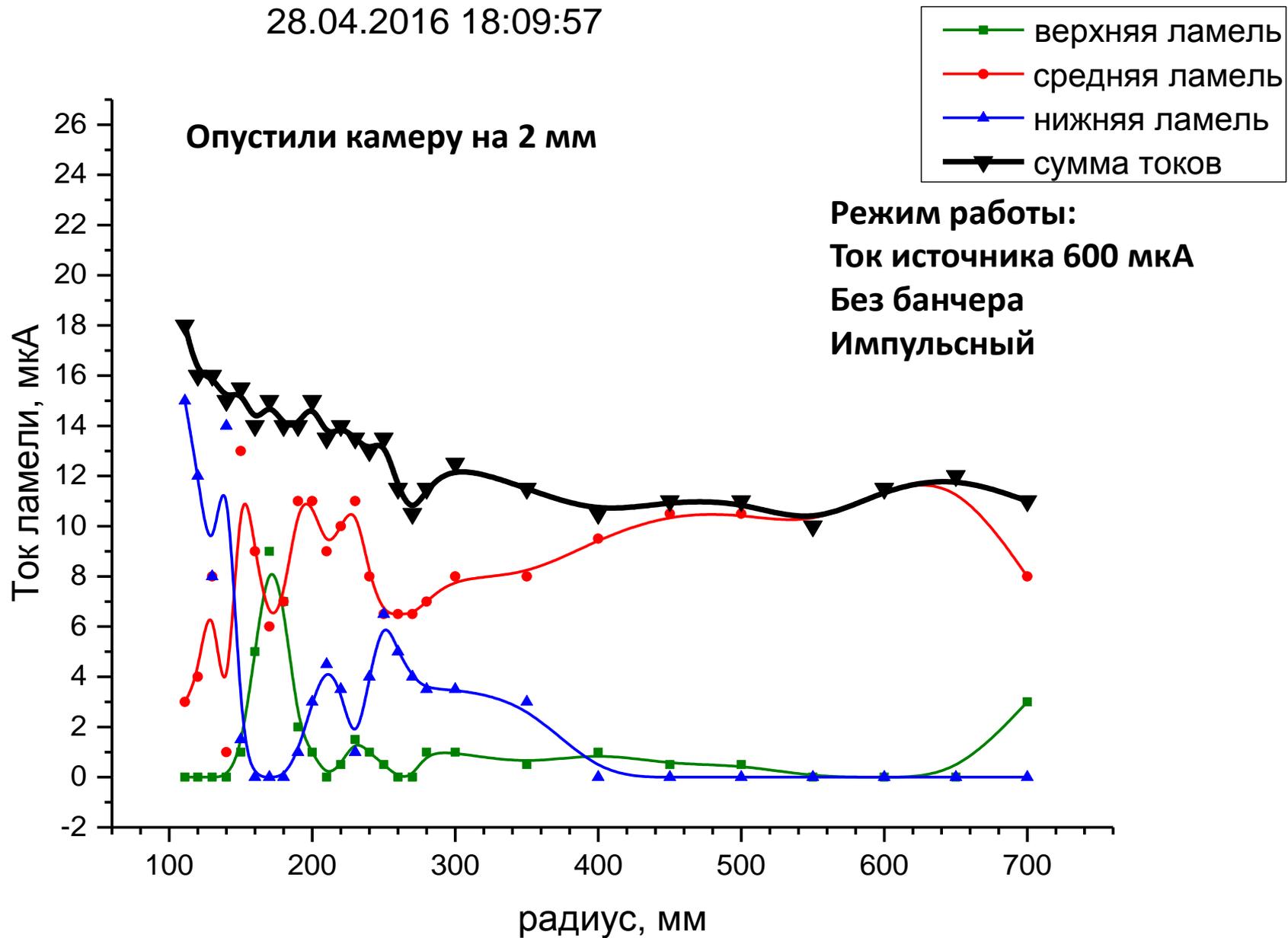
Россия, 188300, Ленинградская область, г. Гатчина, Орлова роща

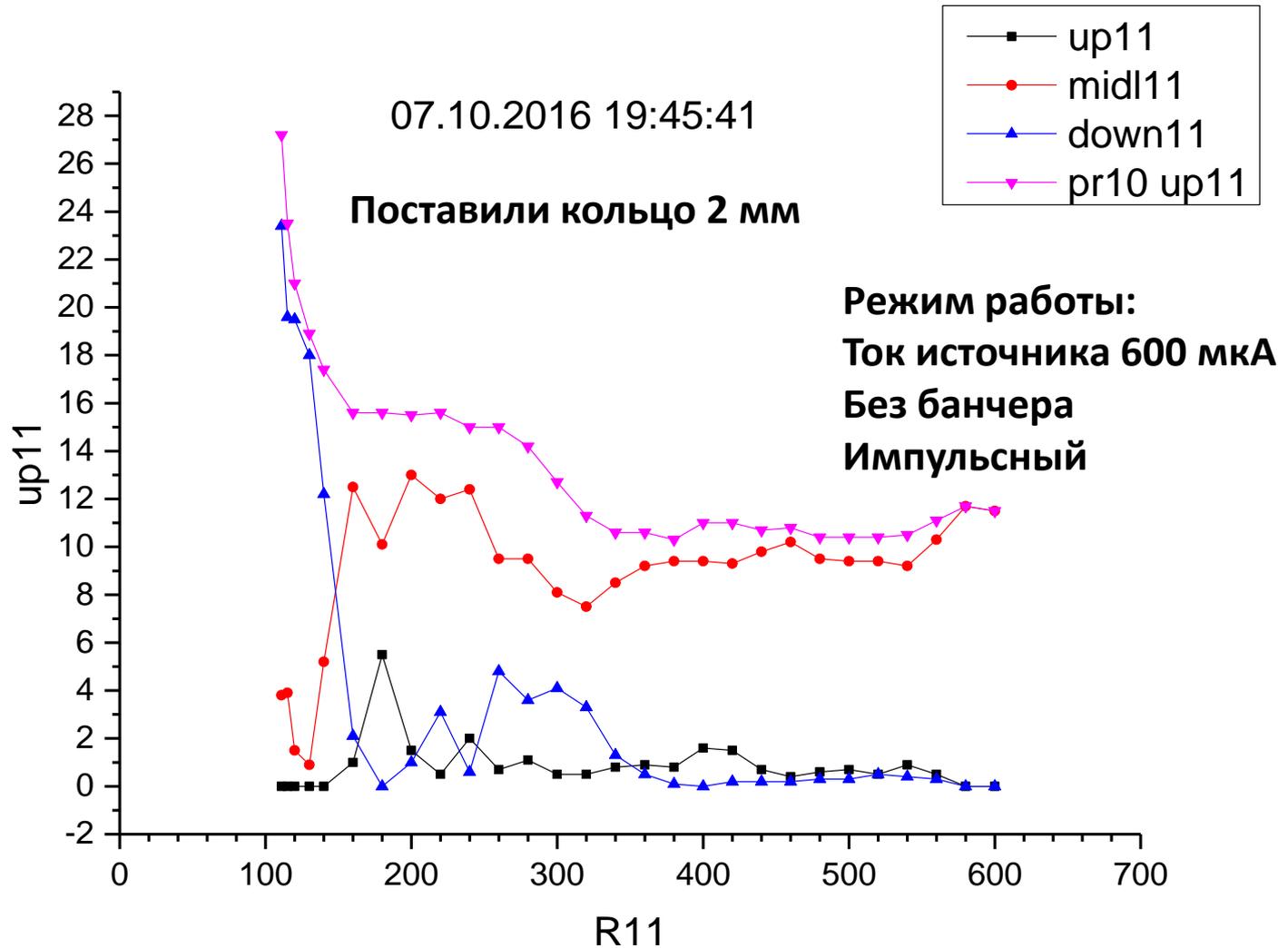
15733

03.03.2016



28.04.2016 18:09:57





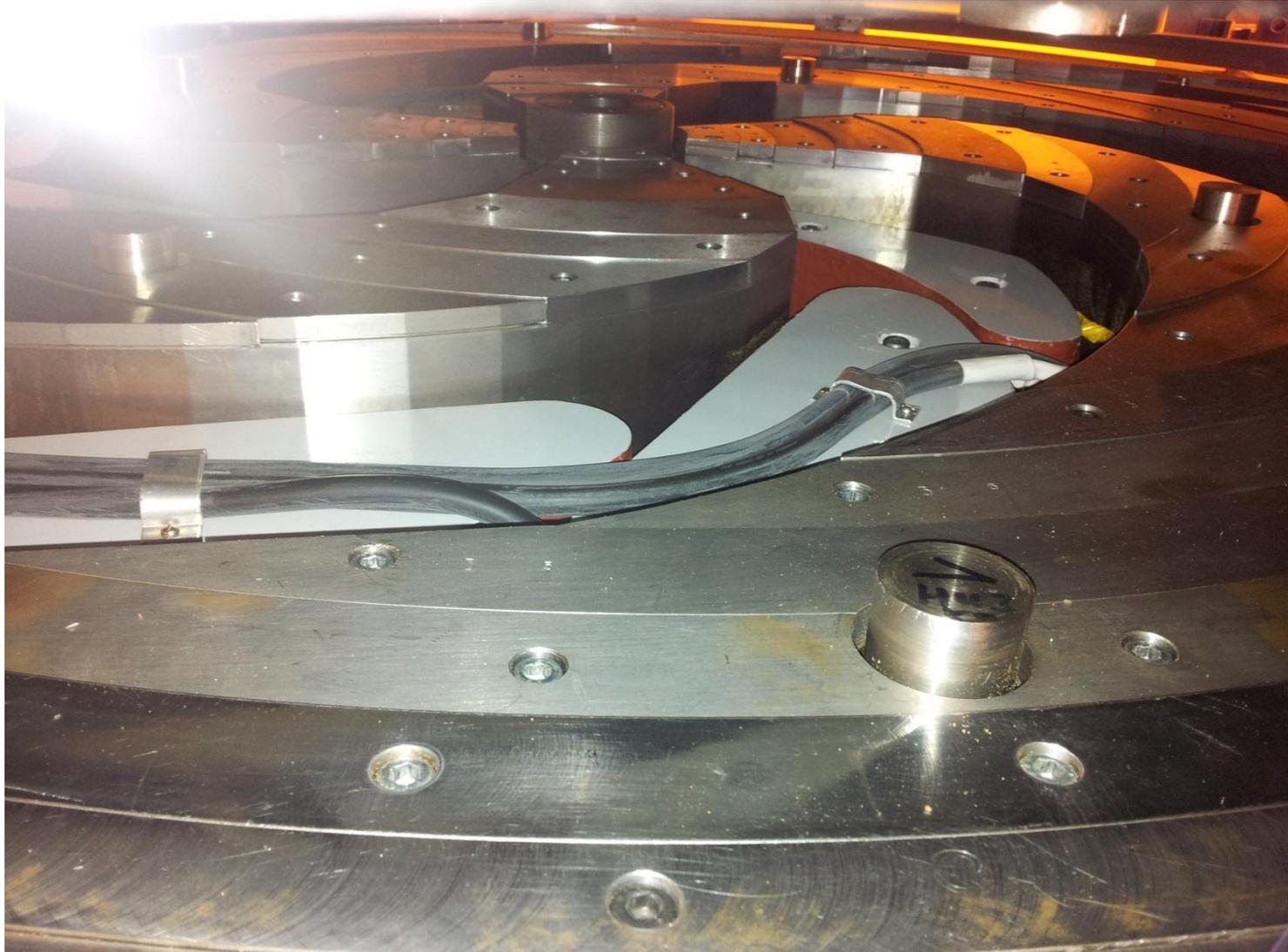


НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»



ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Россия, 188300, Ленинградская область, г. Гатчина, Орлова роща





**8 ноября 2016 года на изохронном циклотроне Ц-80
ПИЯФ НИЦ КИ был получен выведенный пучок
протонов с проектными параметрами**

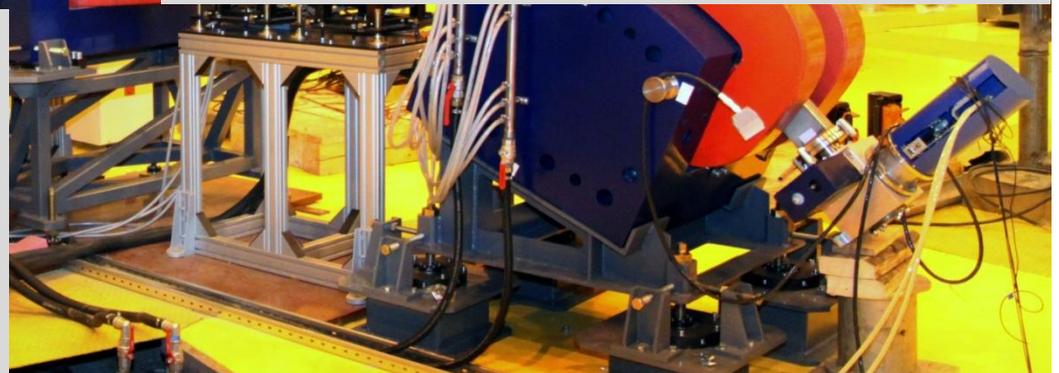


E=50 МэВ

- Ток источника – 800 мкА;
- Частота импульсов – 100 Гц
- Длительность имп. - 0,5 мсек
- Ток в импульсе в камере – 110 мкА (банчер вкл.)
- Ток на первом ЦФ – 100 мкА

E=75 МэВ

- Ток источника – 800 мкА;
- Частота импульсов – 100 Гц
- Длительность имп. - 0,5 мсек
- Ток в импульсе – 75 мкА (банчер вкл.)





Стоимость циклотрона

Стоимость, руб.	дата подп.	наименование договора
155 000 000,00	20.09.2010	ОКР: Разработка, изготовление и поставка циклотронного комплекса Ц-80 в составе основных систем (1 очередь)
102 782 000,00	13.12.2011	ОКР: «Создание и ввод в эксплуатацию циклотронного комплекса Ц – 80»
487 500,00	18.07.2014	НИОКР: «Расчет параметров резонансной системы циклотрона Ц-80 при установке в ускорительную камеру и дуанты дополнительных элементов (графитовых экранов). Разработка технических требований, изготовление и установка графитовых экранов. Настройка резонансной системы и получение проектных характеристик»
96 500,00	16.02.2015	НИР «Расчетно - теоретическое и экспериментальное исследование вертикальной устойчивости пучка ионов водорода в центральной области циклотрона Ц-80»
3 654 787,80	02.11.2015	НИОКР «Оптимизация параметров циклотронного комплекса Ц-80 с целью снижения потерь при транспортировке протонного пучка и отработка алгоритмов автоматизированного вывода пучка на удаленные мишени»
98 400,00	22.12.2015	НИОКР «Отладка автоматизированного управления системы высокочастотного питания, блоков питания магнитных элементов системы транспортировки и устройств диагностики на участке второй поворотный магнит - удаленные мишени»
3 500 000,00	14.03.2016	НИОКР "Оптимизация параметров систем циклотрона и трактов транспортировки протонного пучка к мишенным станциям для производства изотопов циклотронного комплекса Ц-80"

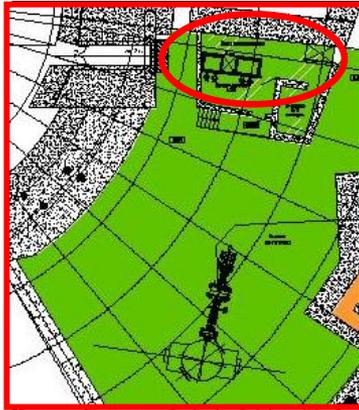


Стоимость циклотрона

Стоимость, руб.	дата подп.	наименование договора
155 000 000,00	20.09.2010	ОКР: Разработка, изготовление и поставка циклотронного комплекса Ц-80 в составе основных систем (1 очередь)
102 782		
487 5		
Полная стоимость циклотрона 265 619 187,8 рублей		
96 500,00	16.02.2015	НИР «Расчетно - теоретическое и экспериментальное исследование вертикальной устойчивости пучка ионов водорода в центральной области циклотрона Ц-80»
3 654 787,80	02.11.2015	НИОКР «Оптимизация параметров циклотронного комплекса Ц-80 с целью снижения потерь при транспортировке протонного пучка и отработка алгоритмов автоматизированного вывода пучка на удаленные мишени»
98 400,00	22.12.2015	НИОКР «Отладка автоматизированного управления системы высокочастотного питания, блоков питания магнитных элементов системы транспортировки и устройств диагностики на участке второй поворотный магнит - удаленные мишени»
3 500 000,00	14.03.2016	НИОКР "Оптимизация параметров систем циклотрона и трактов транспортировки протонного пучка к мишенным станциям для производства изотопов циклотронного комплекса Ц-80"



Размещение мишенных станций. Разработка мишенных станций.



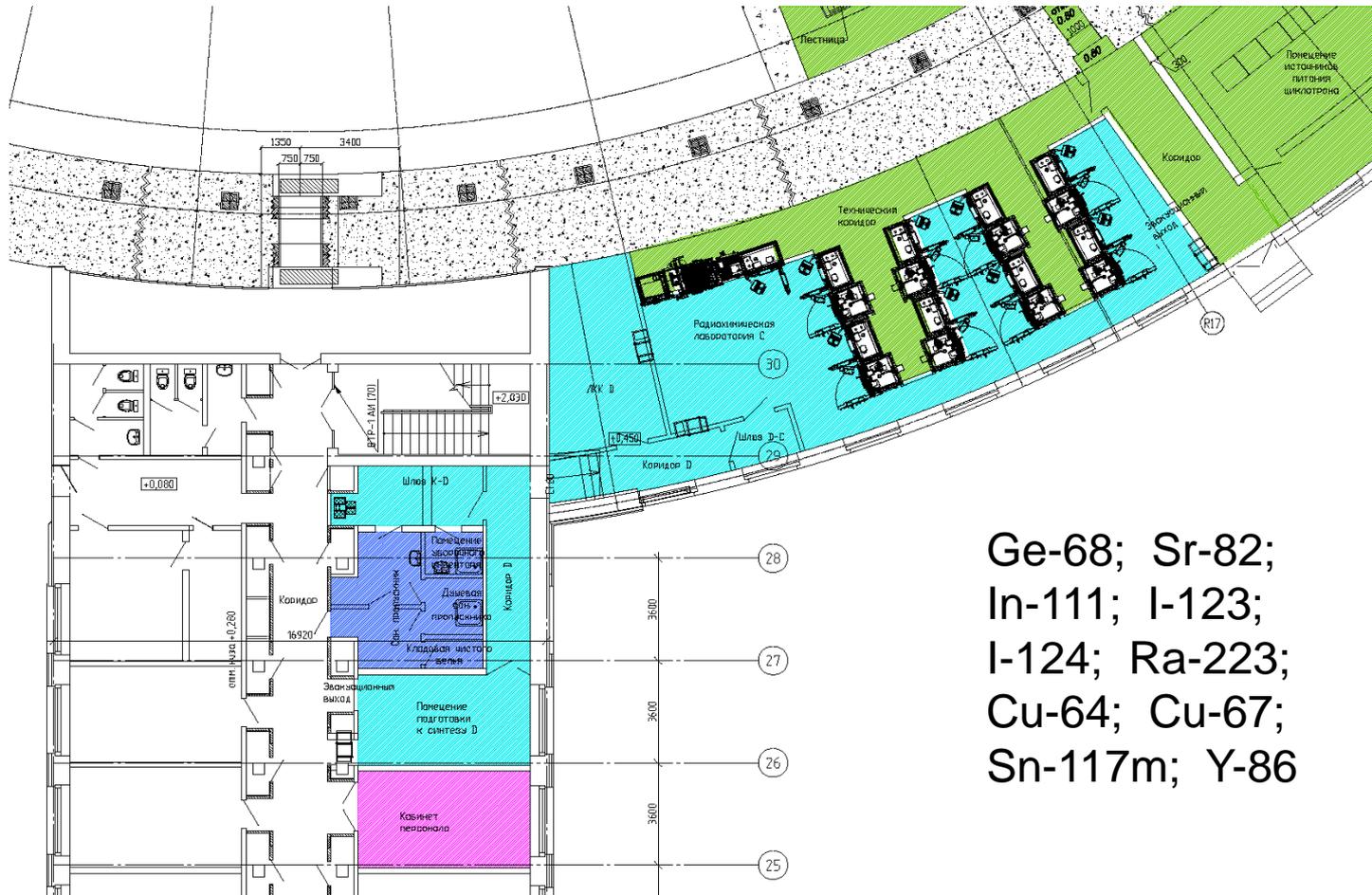
УЧАСТНИКИ:

1. ПИЯФ НИЦ КИ
2. НИЦ КИ
3. ИФВЭ НИЦ КИ
4. «НПО КМ «Прометей»
5. ЦРЯМ

1. Разработка жидкометаллических и твердотельных капсульных мишеней, а также держателей мишеней для двух стандартных мишенных станций, поставляемых производителем вместе с циклотроном Cyclone-70 для работы на протонных пучках с токами до 100 мкА; Экспериментальная апробация и оптимизация технологии работы с мишенями на токах до 100 мкА на Ц-80 в ПИЯФ.
2. Разработка трех инновационных мишенных станций, высокопроизводительных твердотельных и жидкометаллических мишеней, держателей мишеней, систем дистанционного управления, охлаждения и транспортировки мишеней для работы на пучках протонов с токами до 250 мкА; экспериментальная апробация на Ц-80; оптимизация технологии работы с мишенями при токе протонов выше 100 мкА.
3. Разработка технологии и оборудования радиохимического и других способов выделения целевых радионуклидов из облученных мишеней и их очистка. Получение активных фармацевтических субстанций на их основе.



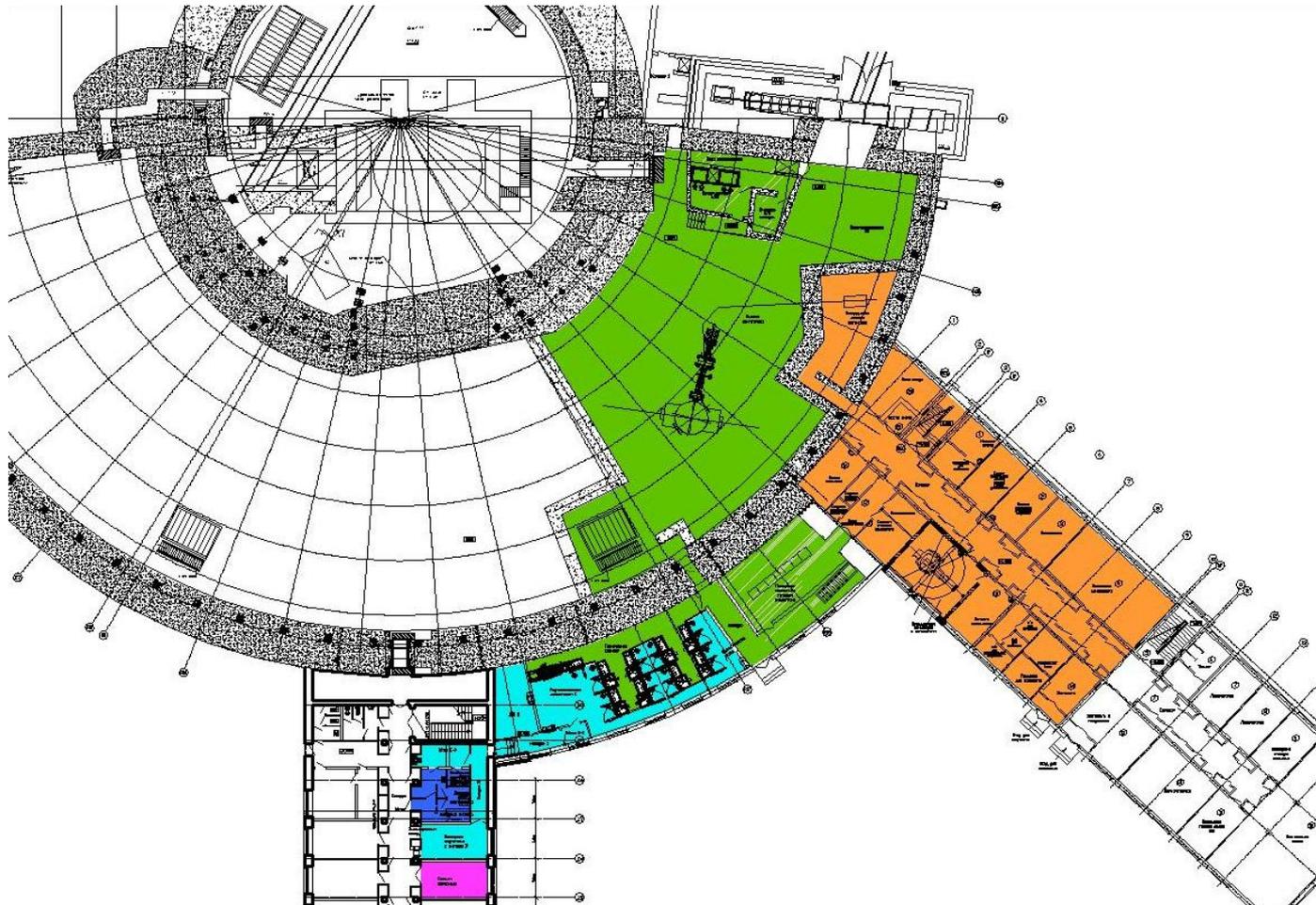
Правый измерительный зал. Размещение радиохимической лаборатории



Ge-68; Sr-82;
In-111; I-123;
I-124; Ra-223;
Cu-64; Cu-67;
Sn-117m; Y-86



Размещение центра протонной лучевой терапии глаза





РФФИ 14-29-09240 (совместно с ЛРФ)

«Исследование воздействия высокоэнергетичных протонов и нейтронов на работу перспективных изделий микроэлектроники с целью разработки моделей фундаментальных физических процессов их повреждения ионами космического излучения и нейтронами ближней атмосферы»



Публикации

1. С.А.Артамонов, Е.М.Иванов, Г.Ф.Михеев. Статус синхроциклотрона СЦ-1000 ПИЯФ НИЦ КИ в 2015 г. Основные результаты научной деятельности ПИЯФ НИЦ КИ в 2015 г., Гатчина, 2016, стр. 120-121.
2. Д.А. Амерканов, С.А. Артамонов, Е.М. Иванов, Г.И. Горкин, В.П. Гресь, С.В. Косьяненко, Ж.С. Лебедева, Г.Ф. Михеев, В.Г. Муратов, В.В. Пашук, Г.А. Рябов, В.А. Соловей, В.А. Тонких, Д.С. Удолдин. Финальные расчеты и экспериментальная настройка протонных пучков с энергией от 64 до 1000 МэВ для испытания радиационной стойкости электроники. Основные результаты научной деятельности ПИЯФ НИЦ КИ в 2015 г., Гатчина 2016, стр. 115.
3. E.M. Ivanov, S.A. Artamonov, G.F. Mikheev. «Status of the 1000 MeV Synchrocyclotron PNPI NRC KI in 2015». PNPI Scientific Highlights 2015, Gatchina, 2016, in press.
4. S. A. Artamonov, V.R. Shaginyan, V.A. Stephanovich, K.G. Popov, E.V. Kirichenko, and. Magnetic quantum criticality in quasi-one-dimensional Heisenberg antiferromagnet $\text{Cu}(\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2)(\text{NO}_3)_2$. Ann. Phys. (Berlin), v.528, N6, pp. 483-492 (2016), DOI 10.1002/andp.201500352
5. С.А. Артамонов, Е.М. Иванов, Н.А. Иванов, Ж.С. Лебедева, Г.А. Рябов. РАСЧЕТ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПУЧКОВ ПРОТОНОВ ПЕРЕМЕННОЙ ЭНЕРГИИ 60-1000 МэВ НА СИНХРОЦИКЛОТРОНЕ ПИЯФ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ РАДИАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЭЛЕКТРОНИКИ. Письма ЭЧАЯ, 2017, №1 (в печати)



Доклады на конференциях

1. *E.M. Ivanov, O.A. Shcherbakov, A.S. Vorobyev, A.M. Gagarski V.S. Anashin, S.A. Artamonov, G.F. Mikheev . PROTON AND NEUTRON TEST FACILITIES AT 1 GEV SYNCHROCYCLOTRON OF PNPI FOR RADIATION RESISTANCE TESTING OF AVIONIC AND SPACE ELECTRONICS. Abstract of the report to be presented at the International Conference “Nuclear data for Science and Technology”, September 11-16, 2016, Bruges, Belgium*
2. На конференции RuPAC-2016 21-25 ноября представлены 4 доклада.



С НОВЫМ ГОДОМ !



Благодарю за внимание