

# Проект масс-сепараторного, лазерного комплекса ИРИНА

## Тематические направления работ Лаборатории короткоживущих ядер:

**Направление 6:** "Фундаментальные и прикладные исследования с использованием протонов"  
Получение и исследование ядер, удаленных от полосы стабильности на синхроциклотроне ТИЯФ с помощью масс-сепараторного лазерного комплекса ИРИС-УЛИСС, эксперименты на установке ISOLDE (ЦЕРН).

**Направление 5:** "Фундаментальные и прикладные исследования с использованием нейтронов"  
Разработка проекта и создание масс-сепараторного лазерного комплекса ИРИНА на реакторе ТИК для исследования нейтронно-избыточных ядер удаленных от полосы  $\beta$ -стабильности и для получения радионуклидов для медицины.

**Направление 8:** "Ядерная медицина"  
Исследование, разработка и создание новых мишенных устройств и новых мишенных материалов для производства медицинских радионуклидов высокой чистоты с использованием радиоизотопного комплекса РИЦ-80.

## Финансирование лаборатории в 2016 году

оборудование, материалы - 200 тыс. рублей

Командировки - 400 тыс. руб.

(участие в экспериментах А. Барзаха, Д. Федорова, П. Молканова и М. Селиверстова на ISOLDE, CERN

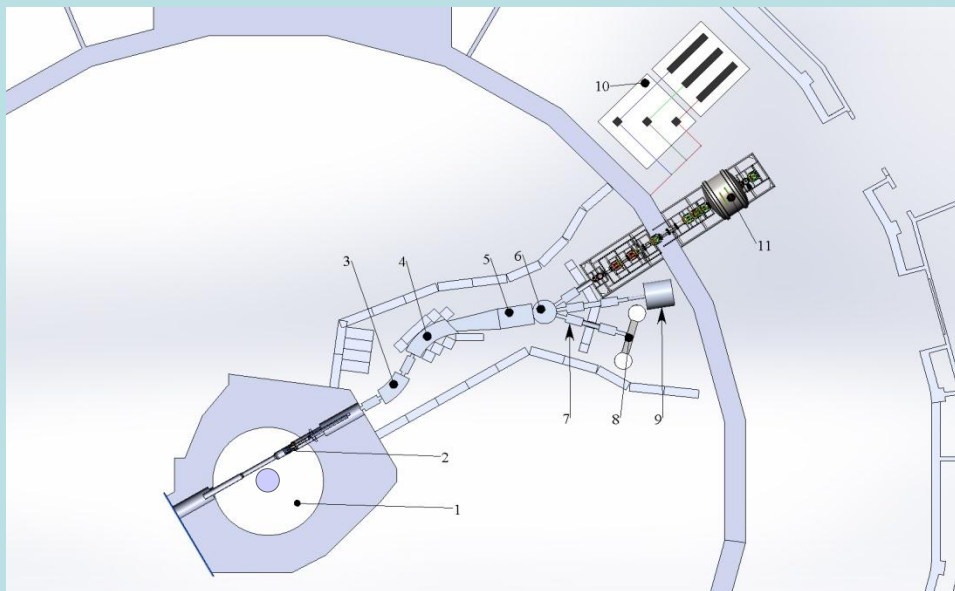
- всего 7 ч/м - из них 1.5 ч/м профинансир. мин. обр. науки, участие с докладами на трех международных конференциях и двух рабочих совещаниях)

## **Направление 5:**

**“Фундаментальные и прикладные исследования с использованием нейтронов”**

**Разработка проекта и создание масс-сепараторного лазерного комплекса ИРИНА на реакторе ТИК для исследования нейтронно-избыточных ядер удаленных от полосы  $\beta$ -стабильности и для получения радионуклидов для медицины.**

# Установка ИРИНА (Исследование Радиоактивных Изотопов на нейтронах) на реакторе ПИК



Комплекс ионных ловушек на одном из трактов масс-сепаратора позволит измерять массы удаленных ядер с точностью **несколько кэВ**

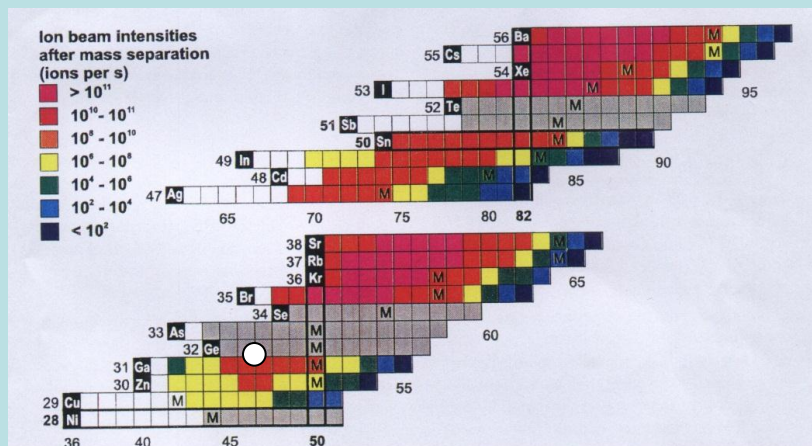
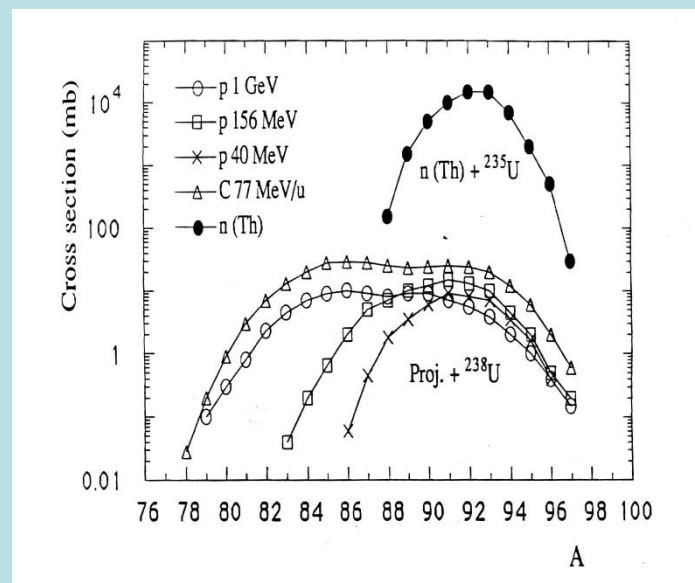
Мишень - высокообогащенный  $^{235}\text{U}$ .

Масса - 3-4 г.

Нейтронный поток через мишень  $(3-5) \times 10^{13}$  н/сек.см<sup>2</sup>

Выделяемая мощность -

2.5 - 3 квт.



Выходы нейтронно - избыточных ядер на коллекторе масс-сепаратора установки ИРИНА

Использование ISOL комплекса ИРИНА на канале реактора ПИК с потоком нейтронов на мишени до  $5 \times 10^{13}$  н/см<sup>2</sup>сек обеспечит самые высокие в мире выходы нейтронно-избыточных ядер, что позволит значительно расширить область исследуемых изотопов, в частности, продвинуться в малоисследованную область изотопов с максимальным избытком нейтронов (астрофизические аспекты исследований).

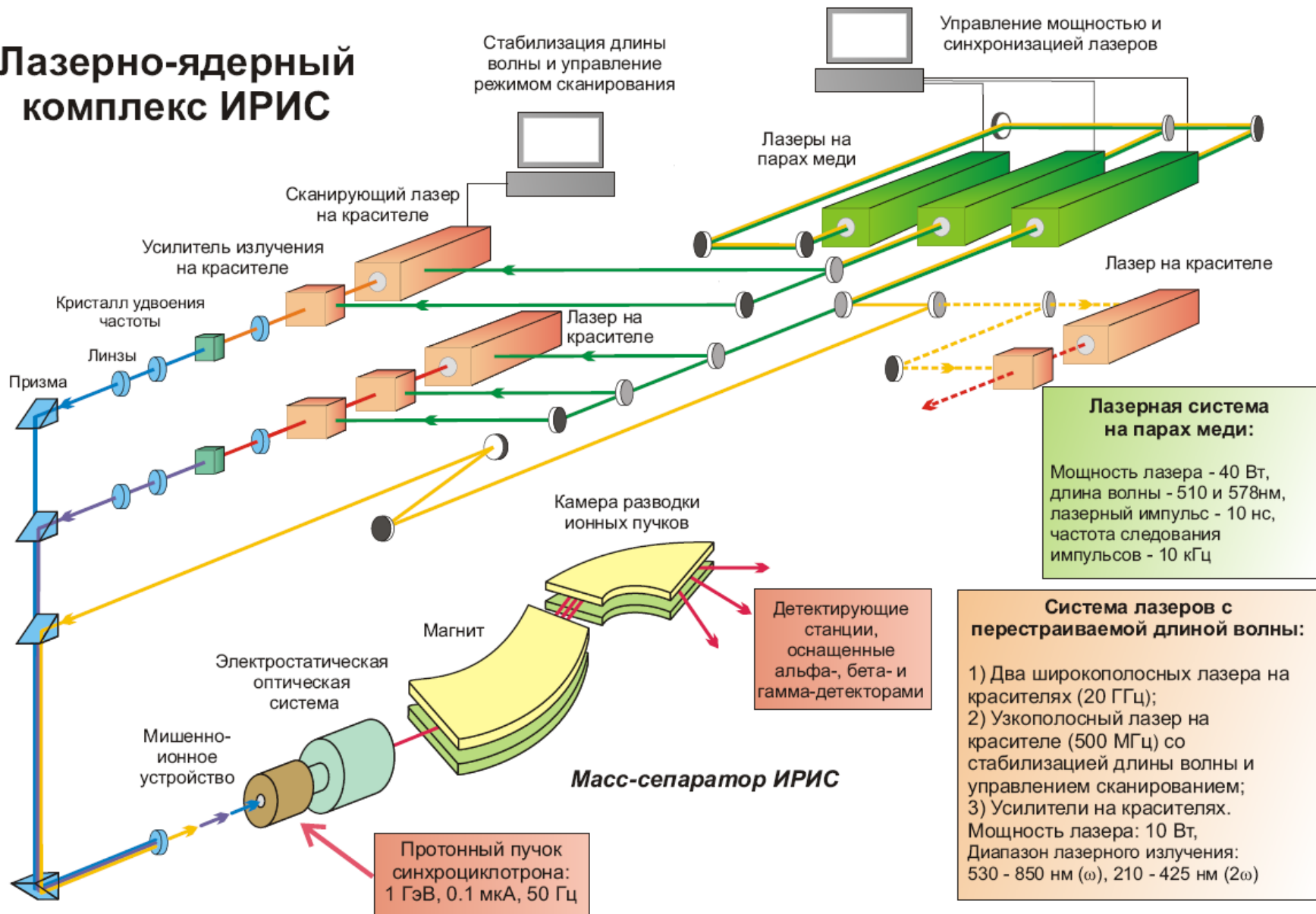
С использованием высокочувствительного метода резонансной лазерно-ионизационной спектроскопии будут проводиться измерения зарядовых радиусов и электромагнитных моментов большого числа ядер в наиболее интересных для ядерной физики областях – области дважды магического ядра  $^{132}\text{Sn}$  и области ядер с магическим числом нейтронов  $N=50$  (нейтронно-избыточные изотопы  $\text{Ge}$ ,  $\text{Ga}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Cu}$  и  $\text{Ni}$ ).

Использование ионной ловушки типа ISOLTRAP на одном из ионных трактов установки ИРИНА позволит измерять с высокой точностью (несколько кэВ) массы большого массива ядер, удаленных от полосы бета-стабильности.

Кроме того, на радиоизотопном комплексе ИРИНА могут производиться сверхчистые радионуклиды для медицинского применения.

# Модернизация лазерного комплекса

## Лазерно-ядерный комплекс ИРИС



## Установка для накачки лазеров на красителях: Техническое предложение ИОФ РАН (2015 г.)

Настоящее техническое предложение (ТП) определяет основные характеристики и принципы реализации **мощного твердотельного лазера** с диодной накачкой, **предназначенного для накачки трех лазеров на красителе** с минимальными временными разбросами импульсов наносекундной длительности. Создаваемая установка является трехканальной с общими для всех каналов задающим генератором и предварительным усилителем. Излучение каждого их каналов преобразуется во вторую гармонику. Во главу угла при разработке лазера ставится возможность продолжительной непрерывной работы (десятки часов), надежность, большой ресурс, простота в обслуживании. Тип лазера - стационарный; принцип размещения элементов - макетный безкорпусной. Сроки изготовления 16-18 месяцев.

### **Срок выполнения работ и организация исполнитель**

**16-18 месяцев,**

### **Стоимость**

**23600 тыс.руб.**

включая

материалы	13760
заработная плата с начислениями	5130
накладные расходы 20%	4710



# The layout of PIAFE (Production, Ionization, Acceleration de Faisceaux Exotiques) facility in the ILL experimental reactor hall

neutron flux on the target  $3 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2\text{s}$

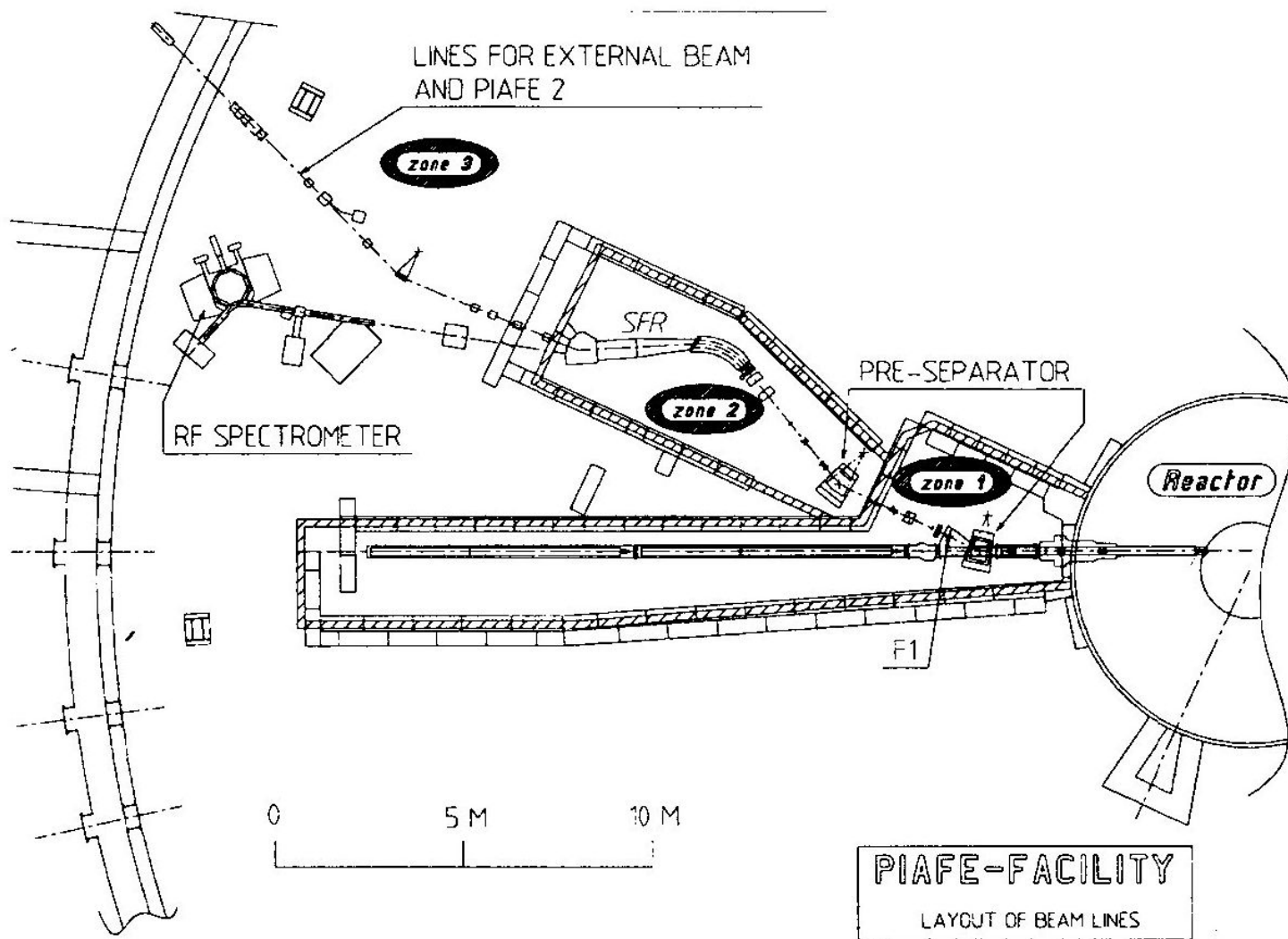
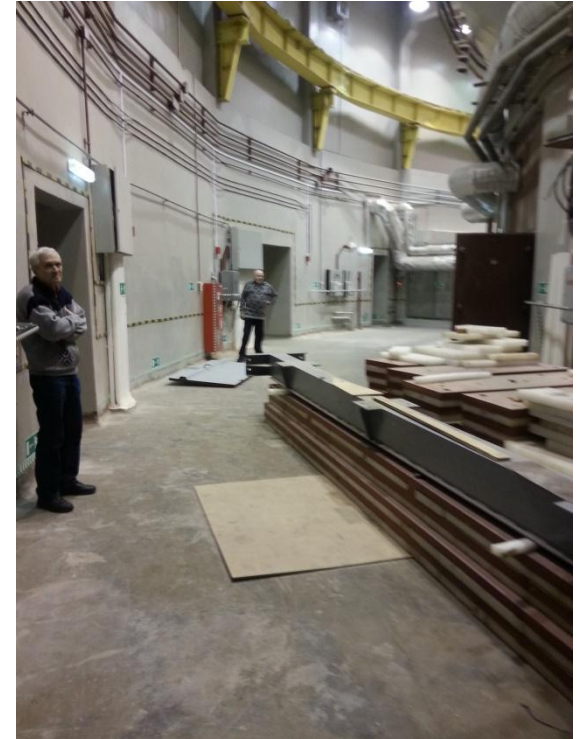
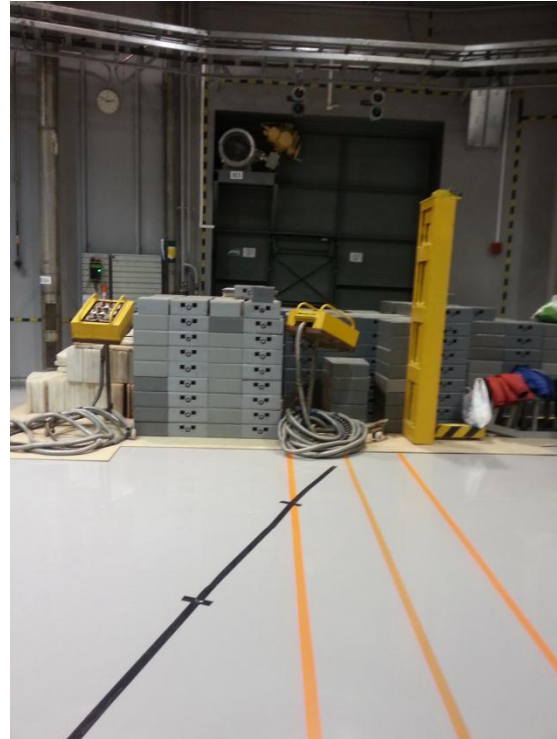
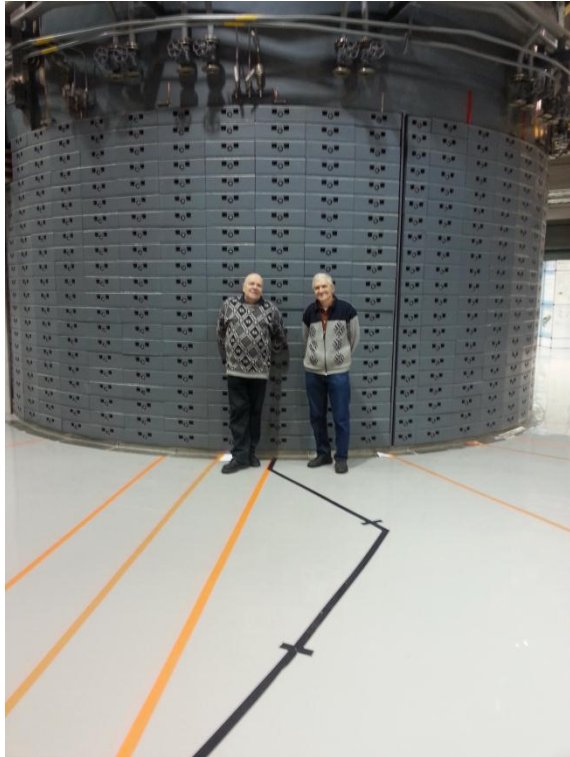
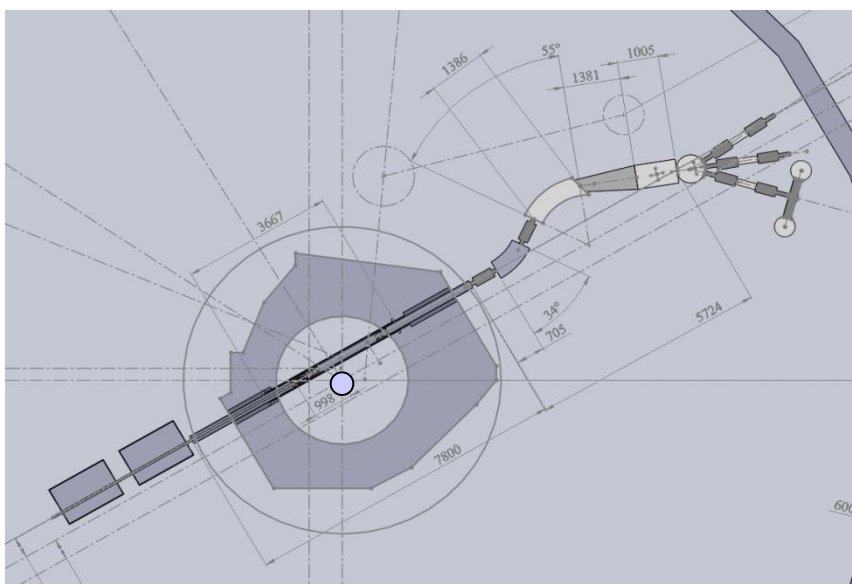
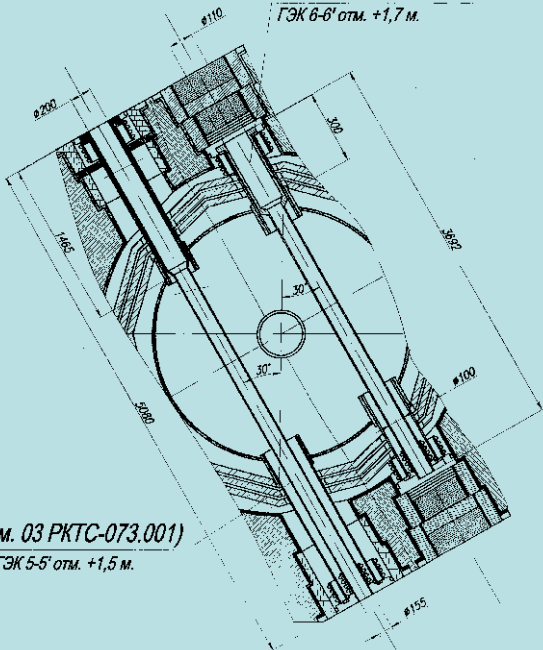


Fig. 1. Overview of Phase I in the ILL experimental reactor hall.

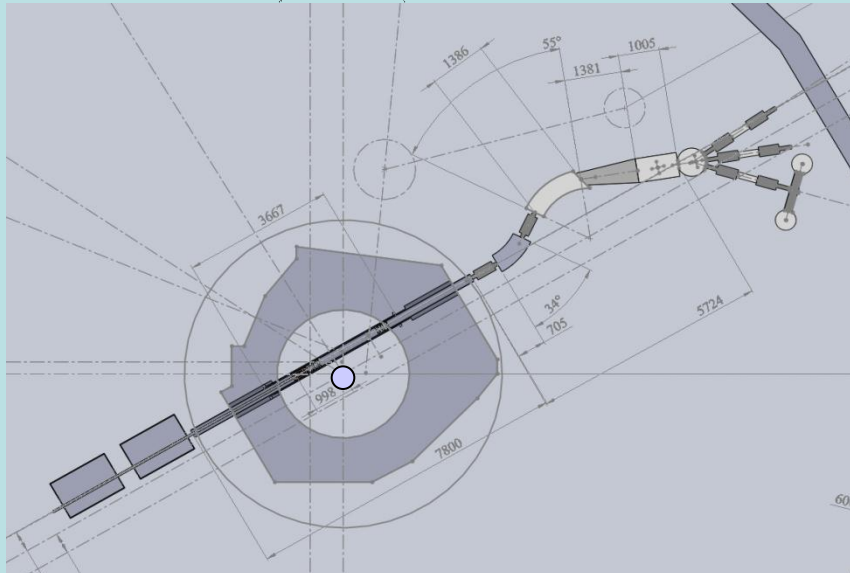


Каналы ГЭК-5 и ГЭК-6 с установленными вытеснителями

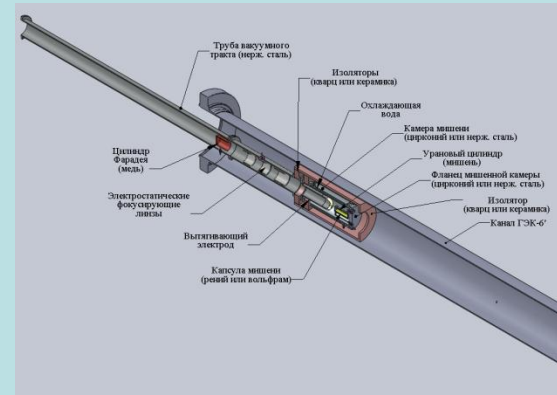
И - И (см. 03 РКТС-073.001)  
ГЭК 6-6' стм. +1,7 м.



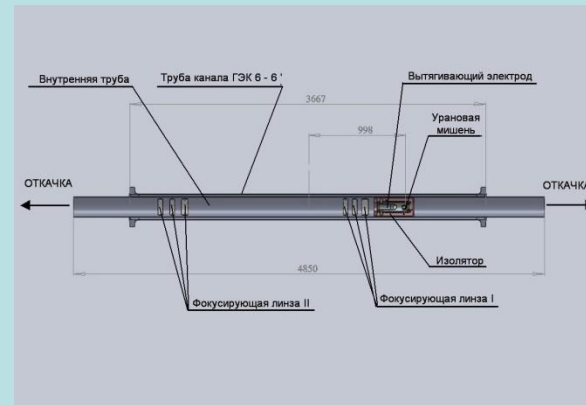
(см. 03 РКТС-073.001)  
ГЭК 5-5' стм. +1,5 м.



Труба канала ГЭК-6-6' планируемая на замену используемого вытеснителя

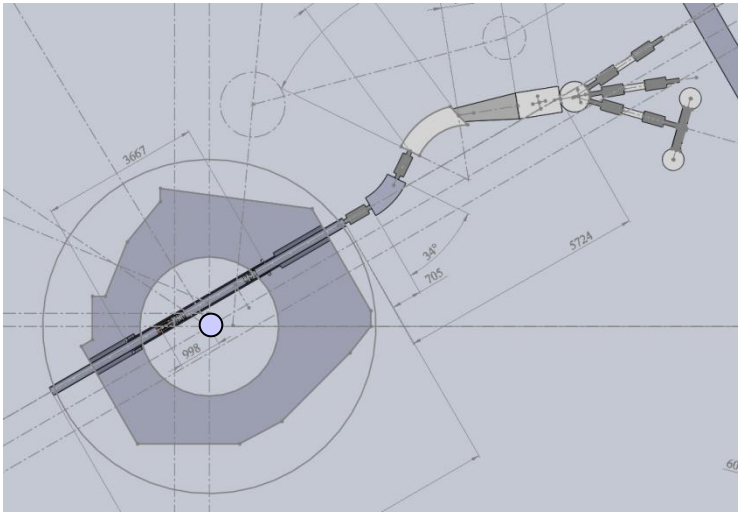


Вариант ввода мишени со стороны ГЭК - 6'



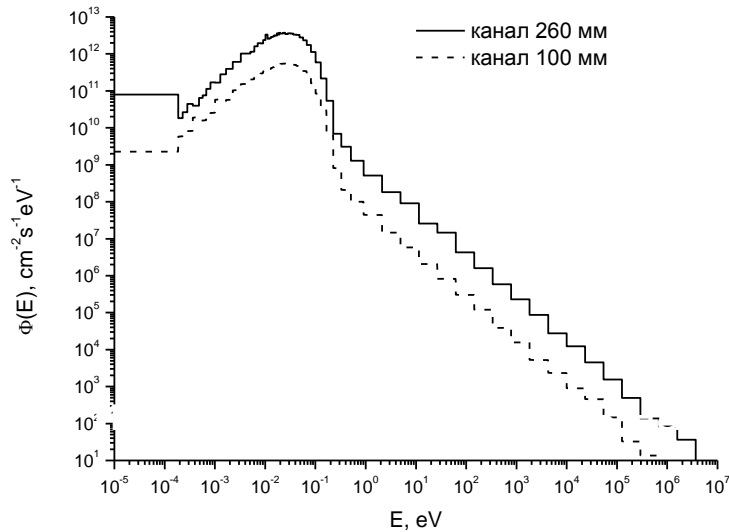
Вариант ввода мишени со стороны ГЭК - 6

# Плотность потока нейтронов на выходе канала на границе биологической защиты реактора (расчеты сделаны М.С. Онегиным)



Канал диаметром 100 мм:

Диапазон энергий	Плотность потока нейтронов, $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$
Тепловые нейтроны, энергия < 0,625 эВ	$3,87 \times 10^{10}$
Быстрые нейтроны, энергия > 0,1 МэВ	$2,8 \times 10^7$
Все энергии	$3,91 \times 10^{10}$

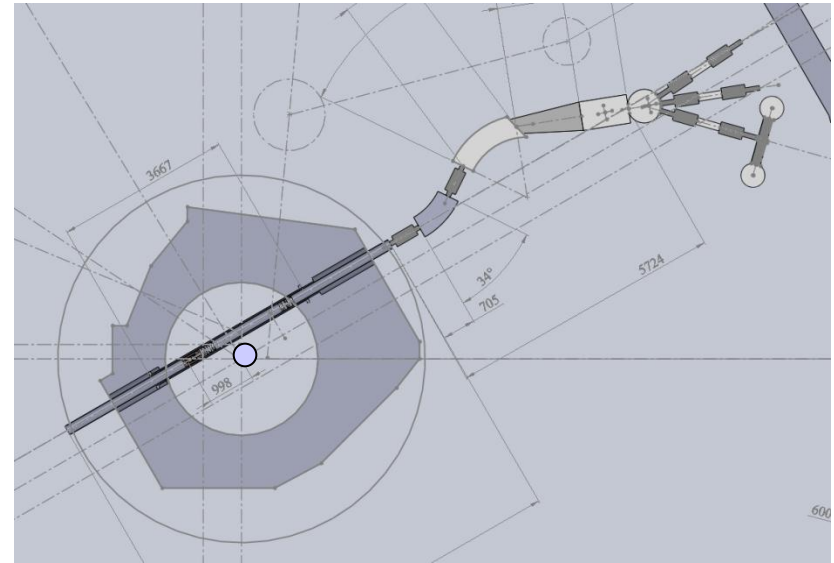
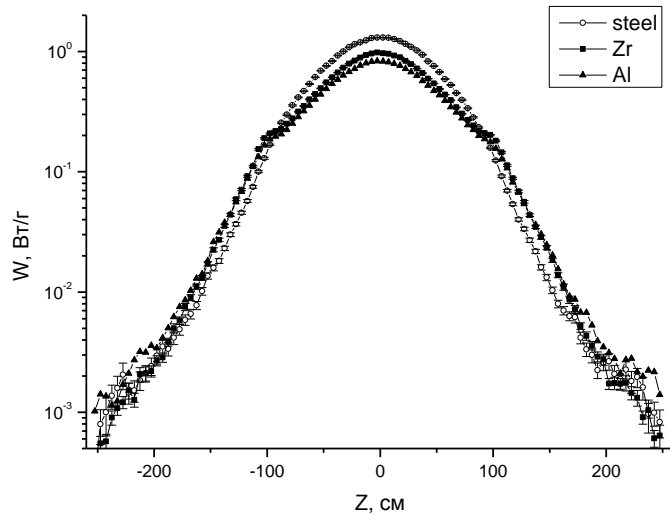


Канал диаметром 260 мм:

Диапазон энергий	Плотность потока нейтронов, $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$
Тепловые нейтроны, энергия < 0,625 эВ	$2,65 \times 10^{11}$
Быстрые нейтроны, энергия > 0,1 МэВ	$2,73 \times 10^8$
Все энергии	$2,70 \times 10^{11}$

Спектр нейтронов на выходе канала ГЭК-6.

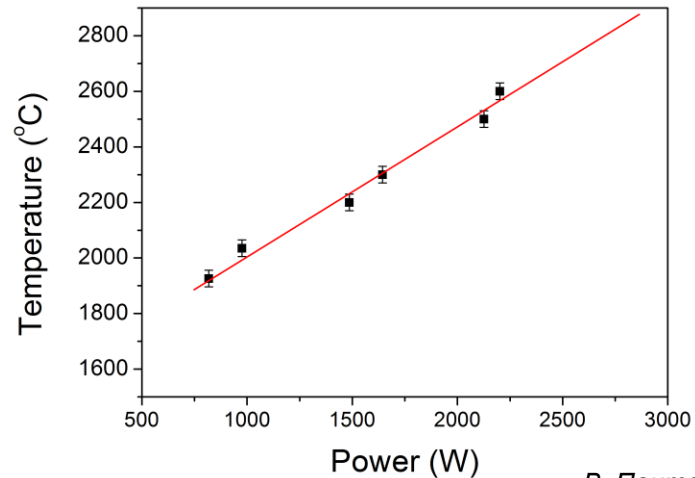
# Энерговыведение на вставной трубе в канале ГЭК 6-6'



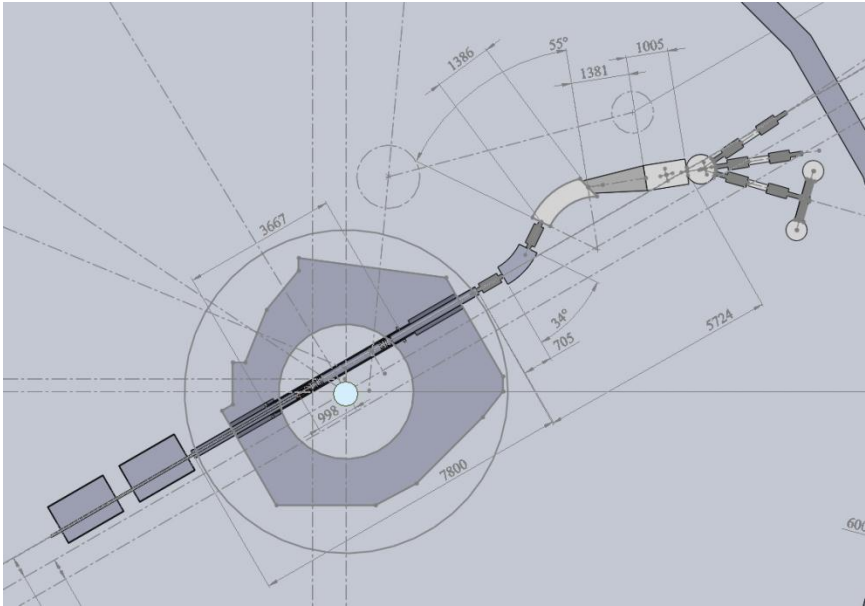
Распределение удельного энерговыведения по длине вставной трубы.  
Материал контейнера - сталь, цирконий, алюминий.

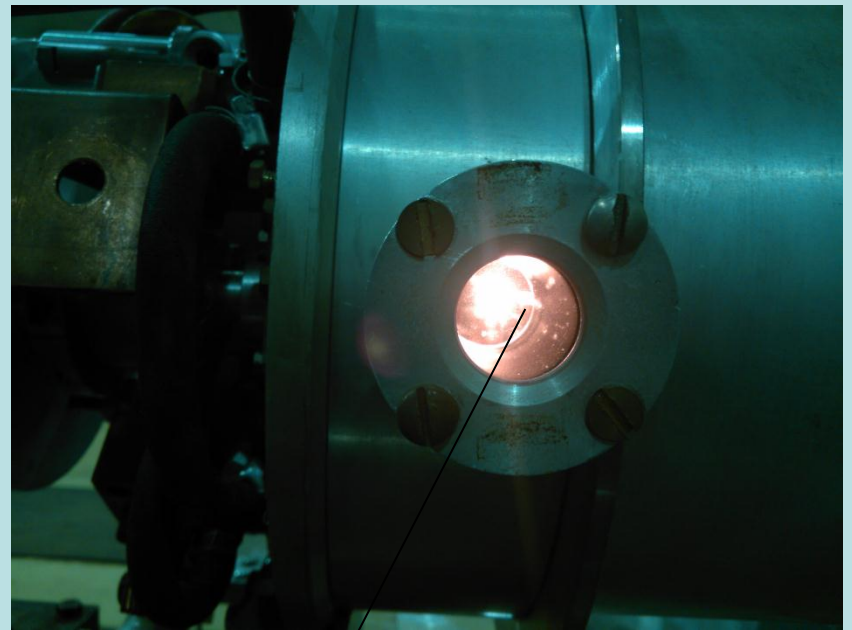
Указанное энерговыведение может быть снято водяным охлаждением из системы охлаждения реактора. Необходимый расход **1.5 м<sup>3</sup>/час** для алюминия и **3 м<sup>3</sup>/час** для циркония. Система обеспечивает **90 м<sup>3</sup>/час**.

Прототип мишени для ИРИНЫ  
(температурная характеристика)



Изготовление прототипа трубы-вкладыша с мишенной ионо-оптической системой (экспериментальный зал ИРИС)



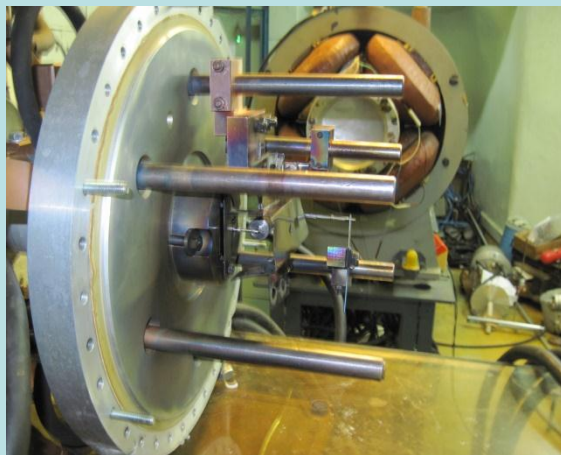


Нагрев источника-мишени при  
напряжении на вытягивающем  
электроде 30 кВ

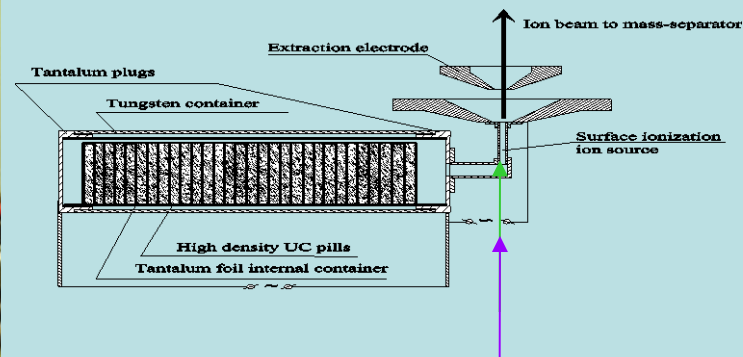
# Поверхностная и лазерная ионизации радиоизотопов висмута таллия и серебра



Ионный источник поверхностной ионизации с вольфрамовой трубкой длиной 20 мм из монокристаллического вольфрама с работой выхода 5 эВ



Мишень с карбидом урана высокой плотности (карбонитрид урана, Тпл.~2900 °С)  
Патент №142204 "Мишень для протонной генерации изотопов"



По использованию трубки из монокристалла вольфрама с внутренней поверхностью со значительно более высокой работой выхода, чем у поликристаллического вольфрама, подана заявка на патентование способа.

A.E. Barzakh, D. V. Fedorov, V. S. Ivanov, P. L. Molkanov, F. V. Moroz, S. Yu. Orlov, V. N. Panteleev, M. D. Seliverstov, and Yu. M. Volkov,  
*Laser spectroscopy studies of intruder states in 193,195,197Bi*,  
*Phys. Rev. C* 94, 024334 (2016)



## Публикации, участие в конференциях, премии

**В 2016 сотрудниками лаборатории опубликовано 10 работ в реферируемых журналах.**

**Сотрудники лаборатории сделали два доклада на международных конференциях и два доклада на международных рабочих совещаниях.**

**Получена премия им. И. В. Курчатова за работы по лазерной спектроскопии удаленных ядер**