

Сессия ученого Совета ОФВЭ, 22-25 декабря 2015 г.,

*Лаборатория короткоживущих ядер
В. Н. Пантелеев*

Эксперименты на установке ИРИС

МЛК ИРИНА

Состав Лаборатории короткоживущих ядер в 2015 г.

1. В.Н. Пантелеев - с. н. сотр., зав. лабораторией
2. Ф.В. Мороз - с. н. сотр., зам. зав. лаб.
3. А.Е. Барзах - вед. н. сотр.
4. Ю.М. Волков - с. н. сотр.
5. В.С. Иванов - с. н. сотр.
6. В.В. Лукашевич - с. н. сотр.
7. П.Л. Молканов - н. сотр.
8. С.Ю. Орлов - н. сотр.
9. Д.В. Федоров - с. н. сотр.
10. А.М. Филатова - н. сотр.
11. М.Д. Селиверстов - с. н. сотр.
12. Л.Х. Батист - с. н. сотр.
13. С.А. Кротов - аспирант р/х.
Рад.-хим. группа
14. Г.Н. Шапкин - с. н. сотр.
15. М.В. Сорока - вед. инж.
16. В.А.Ганжа - н. сотр
17. Лемешко Г.Г. - вед. инженер, 1/2 ст.
18. С.В. Филатов - инж. 1/2 ст.

19. Евцихевич А.В. - слесарь
20. Копченев Н. А. - токарь
21. Паршина В. И. - секретарь
22. Федоров Т. Т. - рег. р/ап.
23. Ионан-Басалаева Я. Д. - лаборант
24. Иванов В.В. - слесарь-вакуумщик

Финансирование лаборатории в 2014 году

оборудование, материалы - 200 тыс. рублей

командировки (ISOLDE, CERN) -
(участие в экспериментах А. Барзаха, Д. Федорова, П. Молканова и
М. Селиверстова - всего 8 ч/м - из них 2 ч/м профинансир. мин. обр. науки),
участие с докладами на 3-ех конференциях
273 тыс. руб.

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 β -стабильности и для получения радионуклидов для медицины.

Направление 8: "Ядерная медицина"

1. Исследование, разработка и создание новых мишенных устройств и новых мишенных материалов для производства медицинских радионуклидов высокой чистоты с использованием радиоизотопного комплекса РИЦ-80.
2. Выделение P-32 из S, облученной на реакторе ВВРМ.

Направление 6:

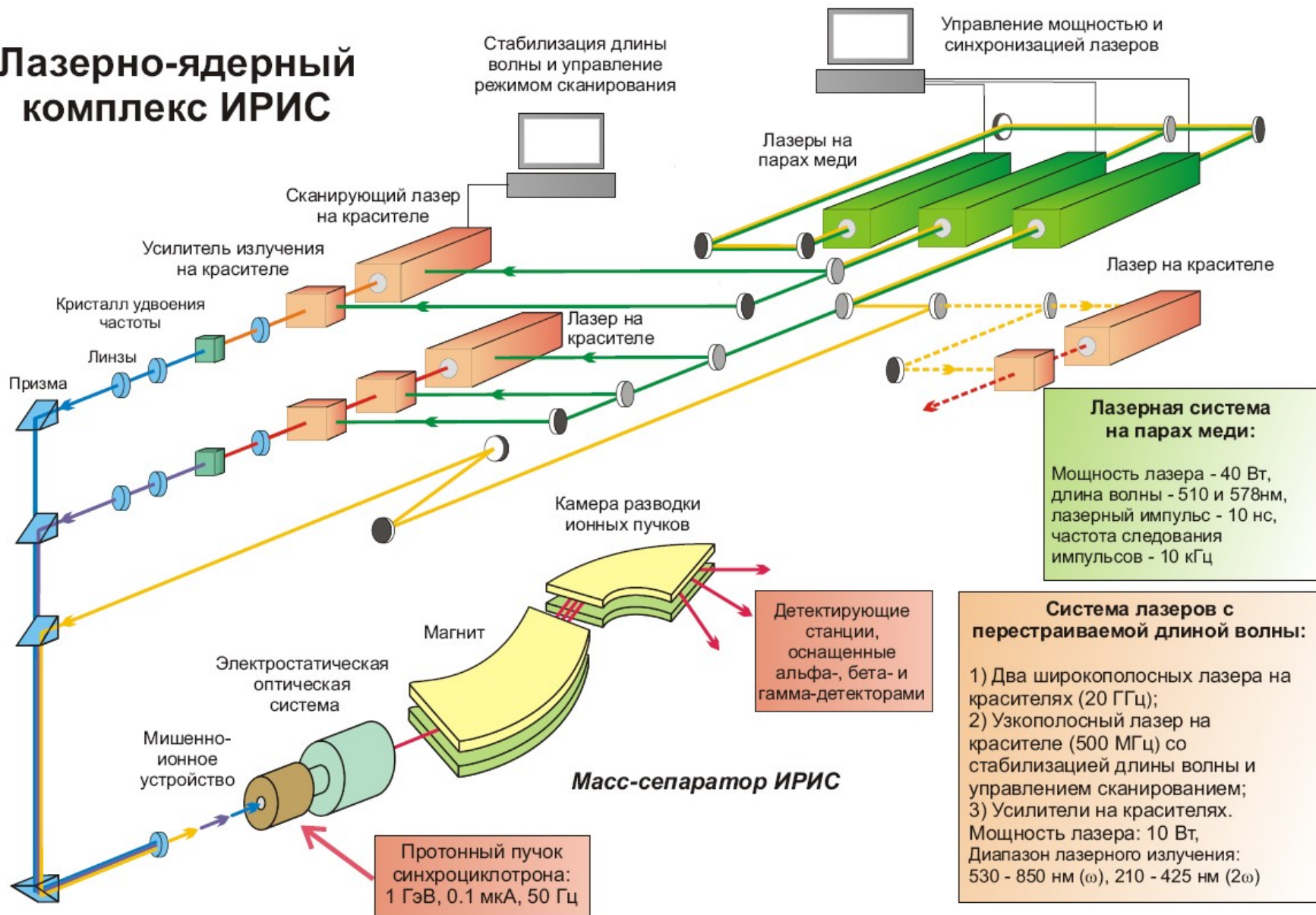
“Получение и исследование ядер, удаленных от полосы стабильности на синхроциклотроне ПИЯФ с помощью масс-сепараторного лазерного комплекса ИРИС-УЛИСС, эксперименты на установке ISOLDE, CERN.”

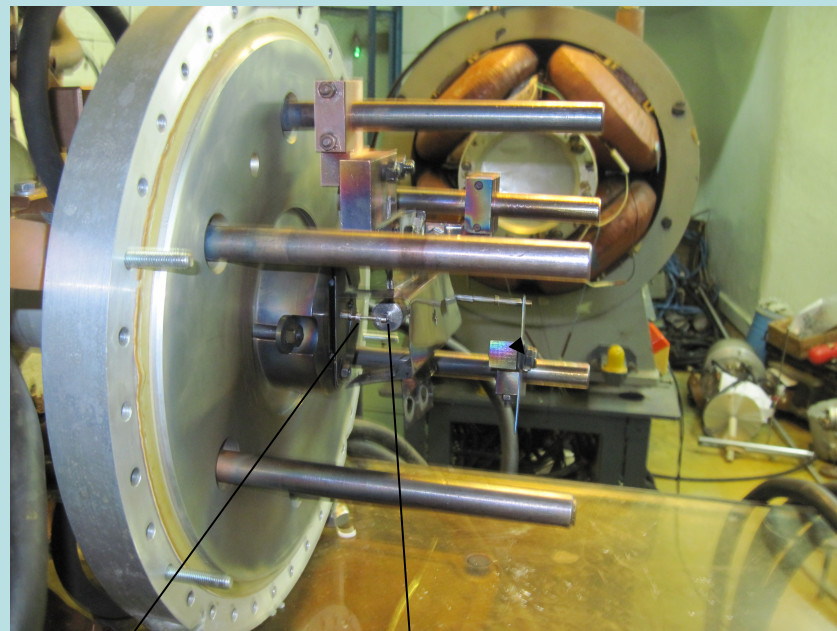
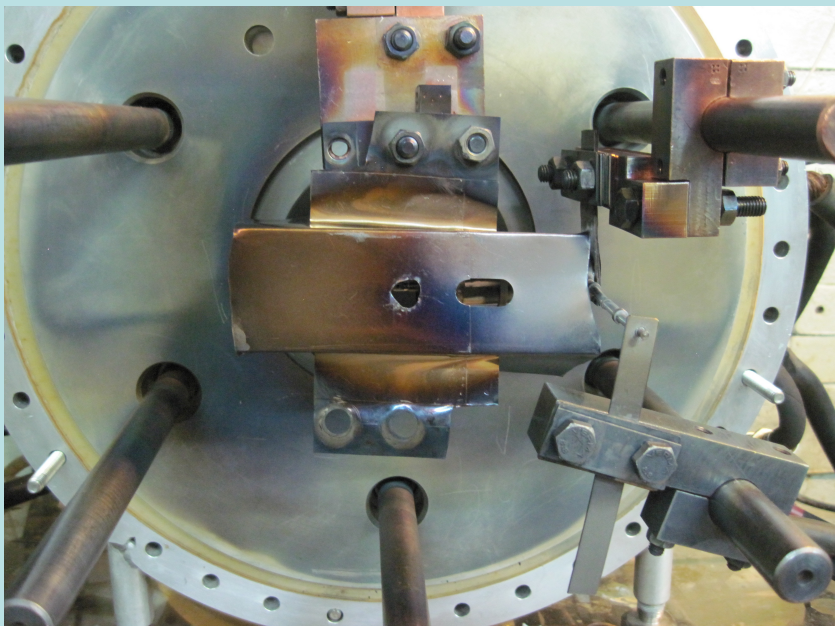
2015 год: продолжение темы “Получение и лазерно-спектроскопические исследования нейтронно-дефицитных изотопов висмута”.

Bi $Z=83$, $V_i=7.23$ eV

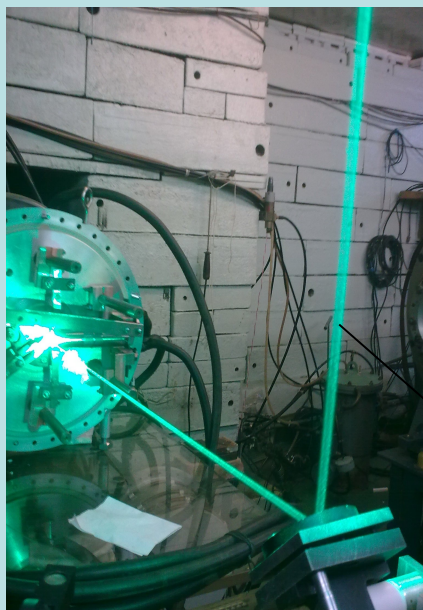
область магических протонной
и нейтронной оболочки $Z=82$ (Pb)
 $N=126$.

Лазерно-ядерный комплекс ИРИС



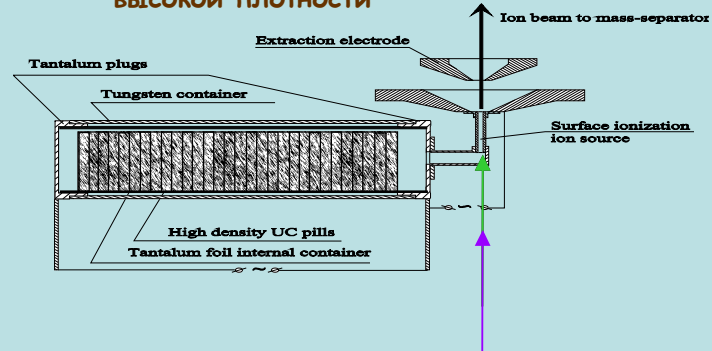


Лазерный ионный источник



Ультрафиолетовый и зеленый лазерные лучи, сфокусированные в объем лазерного ионного источника

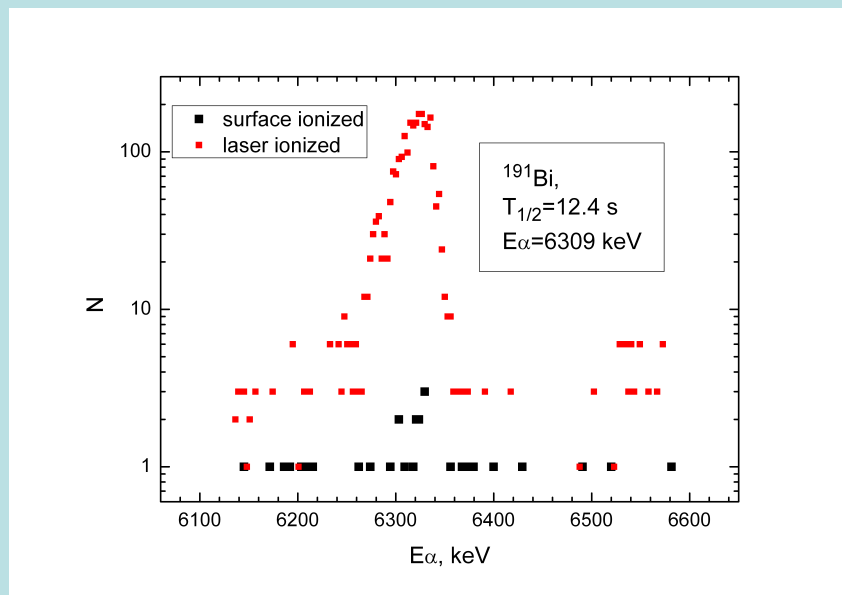
Мишень с карбидом урана высокой плотности



Поверхностная и лазерная ионизации радиоизотопов висмута



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



Впервые удалось получить радиоактивные ионы висмута в источнике поверхностной ионизации



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

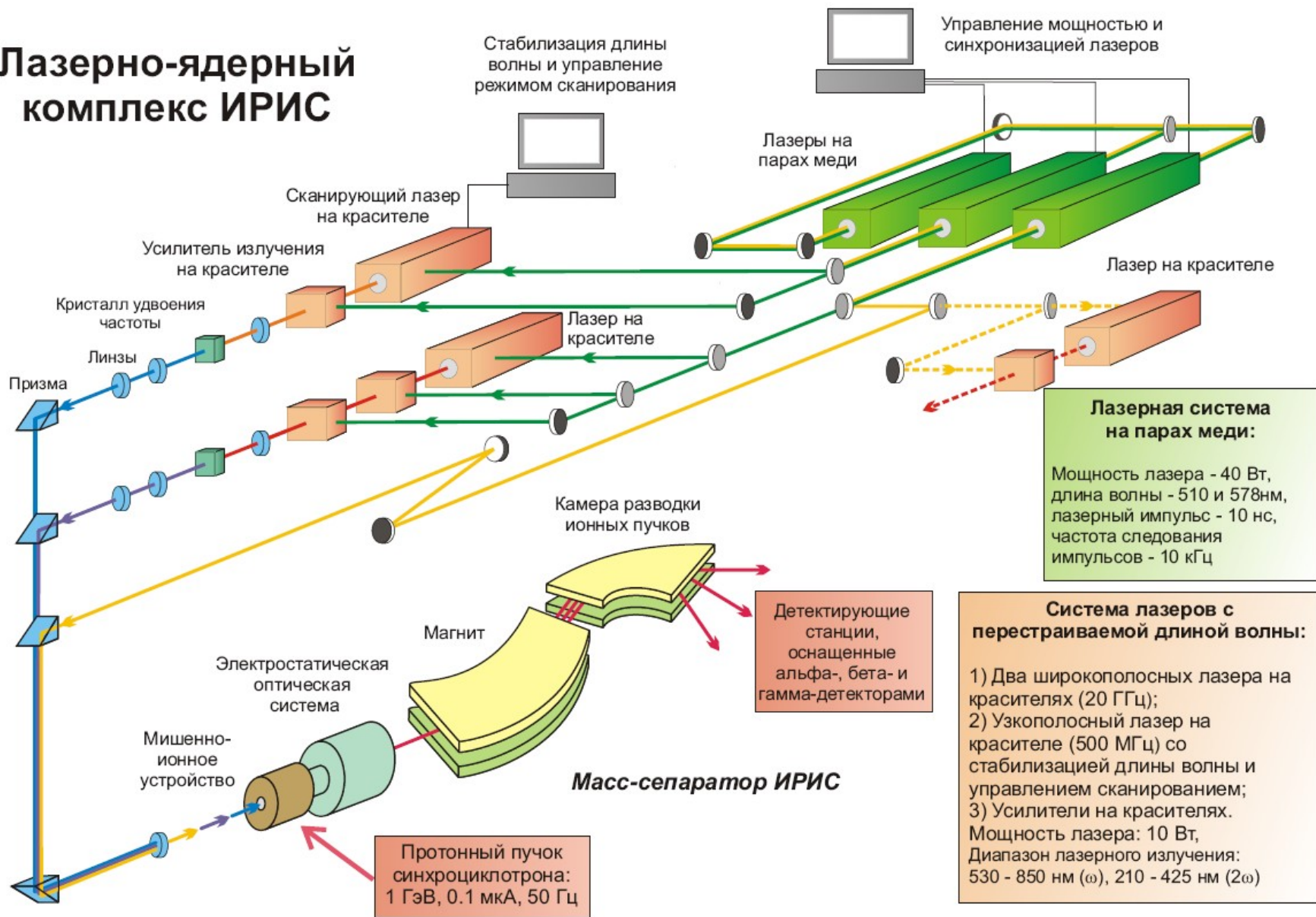
Обработаны и опубликованы предварительные результаты по измерению изотопических сдвигов и сверхтонкой структуры цепочки нейтронно-дефицитных изотопов Вi на лазерно-ядерном комплексе ИРИС- УЛИСС.

Методом резонансной лазерной спектроскопии в лазерном ионном источнике впервые измерены изотопические, изомерные сдвиги и сверхтонкое расщепление для 24 изотопов и изомеров данного элемента. Из измеренных величин изотопических сдвигов и сверхтонкого расщепления определены изотопические изменения зарядовых радиусов и магнитные моменты ядер. Продемонстрировано различие деформации у нормальных и внедренных состояний $^{193,195,197}\text{Bi}$.

Обнаружено отклонение хода зарядовых радиусов для изотопов Вi от наблюдавшегося ранее для соседних изотопических цепочек Тl, Рb и Ро при $N < 109$. Обнаружено заметное различие в поведении зарядовых радиусов для четно - и нечетно- нейтронных изотопов Вi при $N = 107, 108$.

Модернизация лазерного комплекса

Лазерно-ядерный комплекс ИРИС



Мощная установка для накачки лазеров на красителях: Техническое предложение ИОФ РАН

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

14-16 месяцев,

Стоимость

стоимость

23600 тыс.руб.

включая

материалы

13760

заработная плата с начислениями

5130

накладные расходы 20%

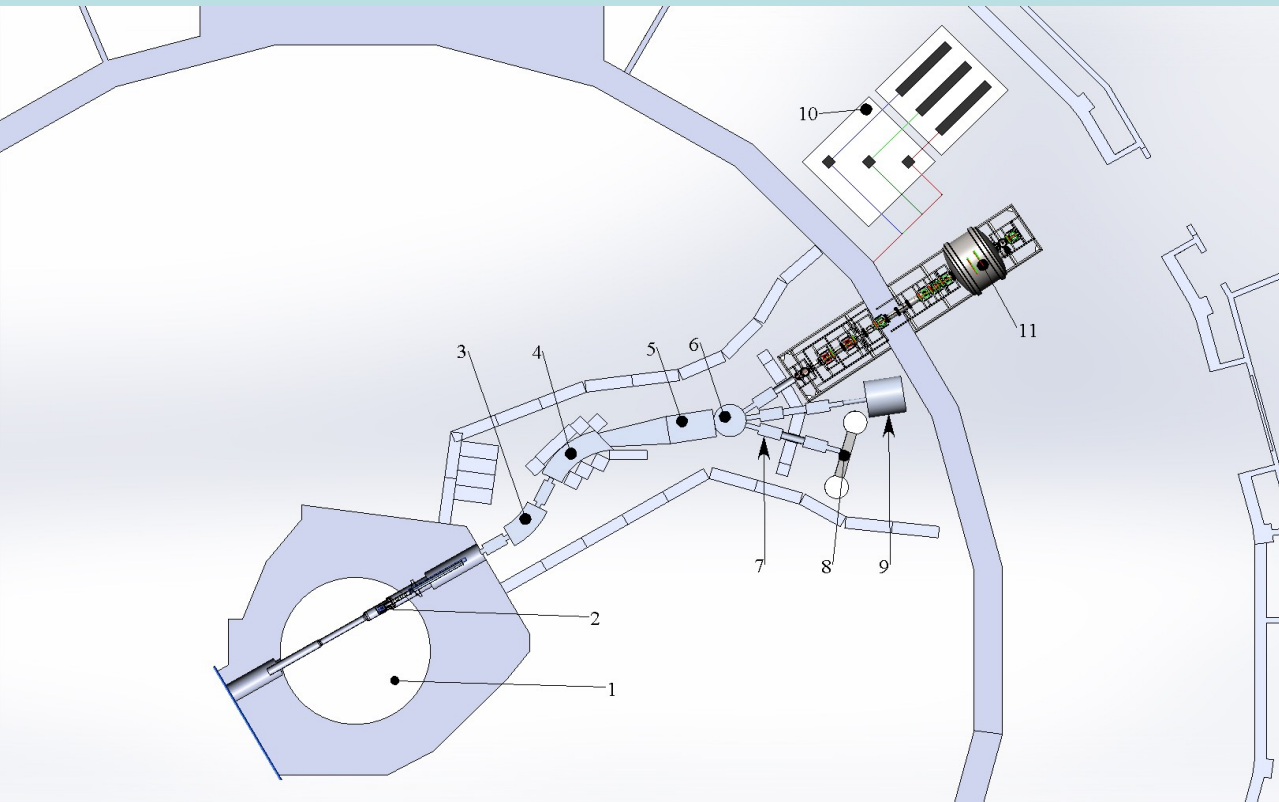
4710

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 β -стабильности и для получения радионуклидов для медицины.

Установка ИРИНА (Исследование Радиоактивных Изотопов на нейтронах) на реакторе ТИК



Мишень - высокообогащенный ^{235}U .

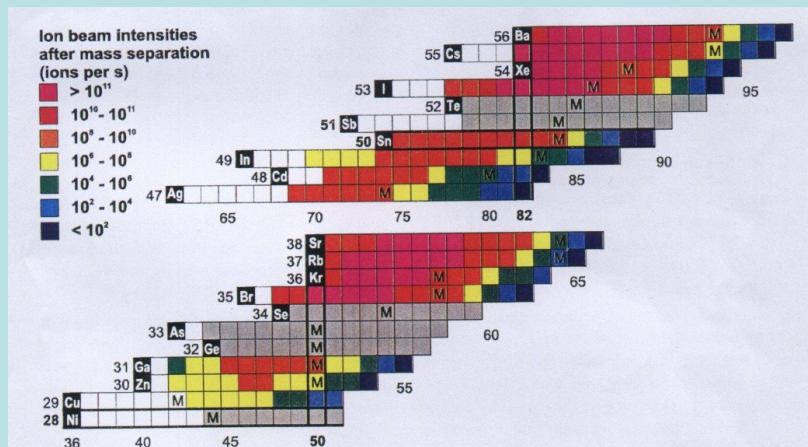
Масса - 3-4 г.

Нейтронный поток через мишень $(3-5) \times 10^{13}$ н/сек.см²

Выделяемая мощность -

2.5 - 3 квт.

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



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

Использование ISOL комплекса ИРИНА на канале реактора ПИК с потоком нейтронов на мишени до 5×10^{13} н/см²сек 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).

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.

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}Sn и области ядер с магическим числом нейтронов $N=50$ (нейтронно-избыточные изотопы Ge, Ga, Zn, Cu и Ni).

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

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

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

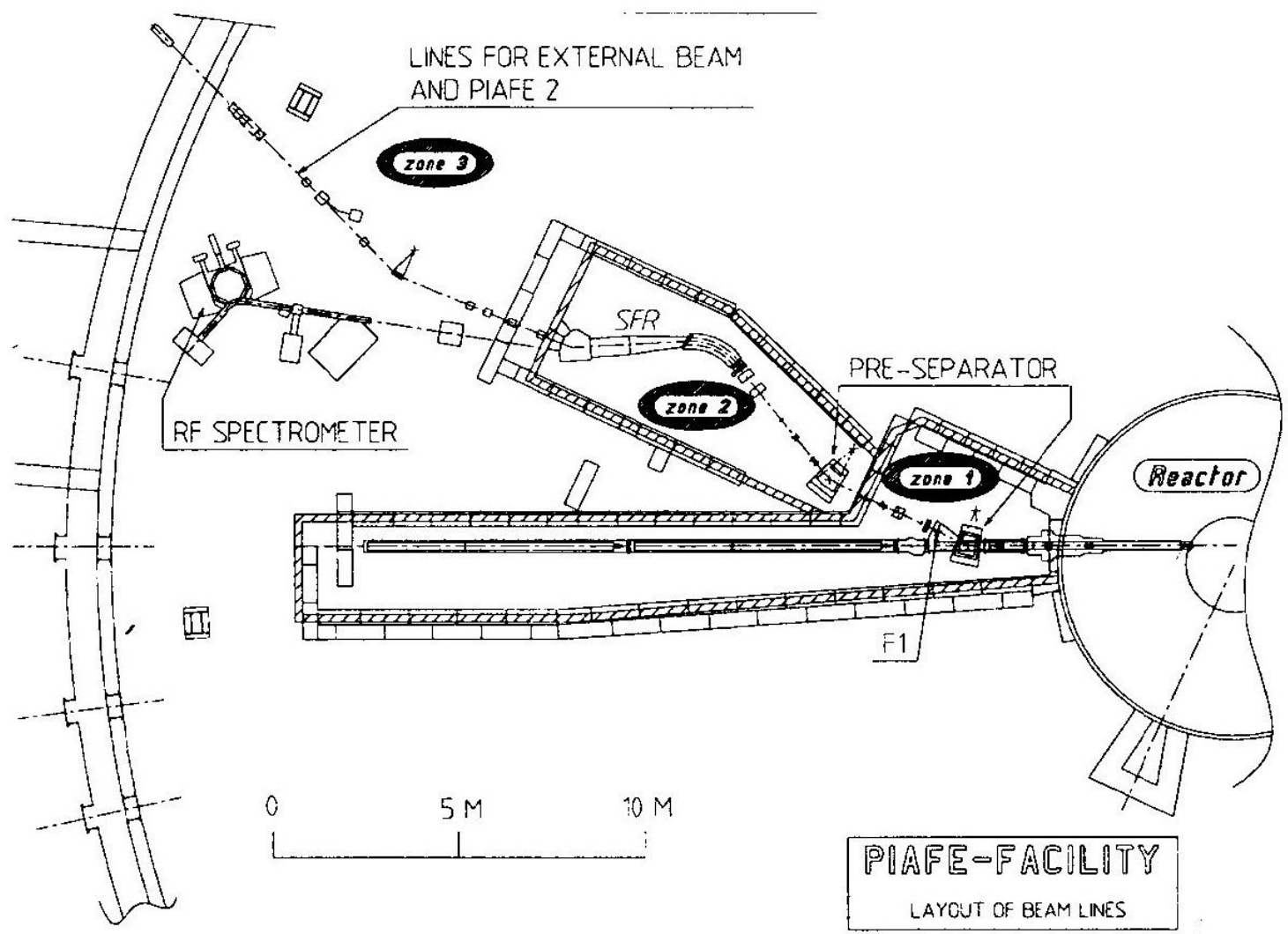
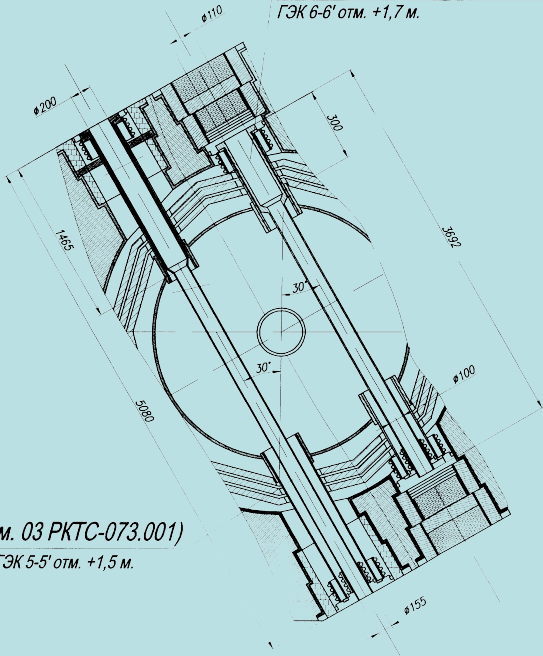


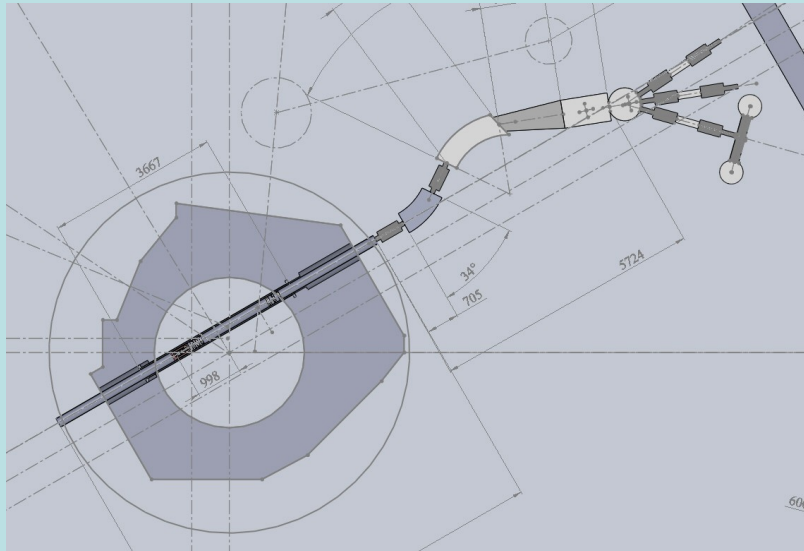
Fig. 1. Overview of Phase I in the ILL experimental reactor hall.

Каналы ГЭК-5 и ГЭК-6 с установленными вытеснителями

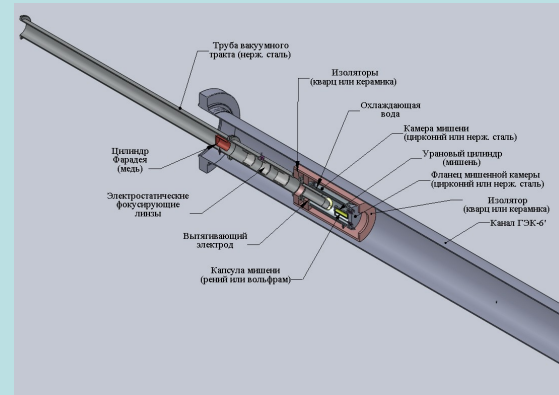
И - И (см. 03 РКТС-073.001)
ГЭК 6-6' отм. +1,7 м.



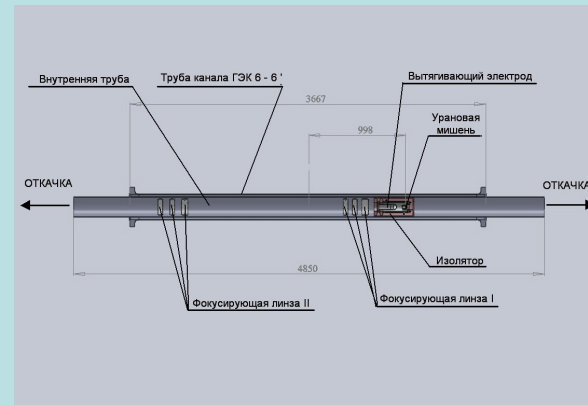
(см. 03 РКТС-073.001)
ГЭК 5-5' отм. +1,5 м.



Труба канала ГЭК-6-6' планируемая на замену используемой

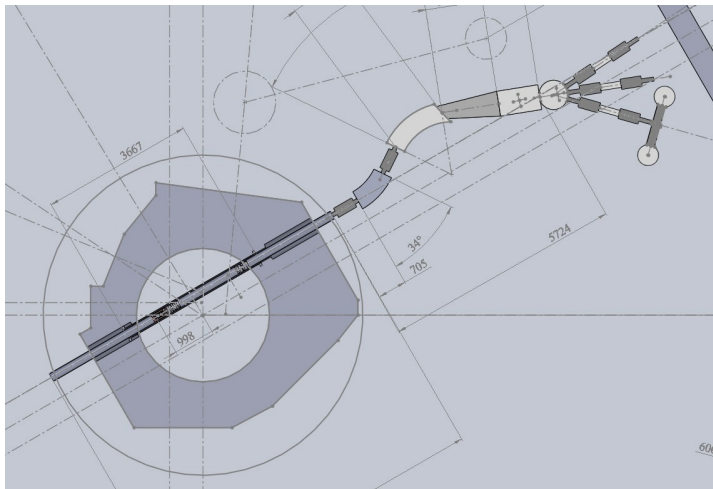


Вариант ввода мишени со стороны ГЭК - 6'



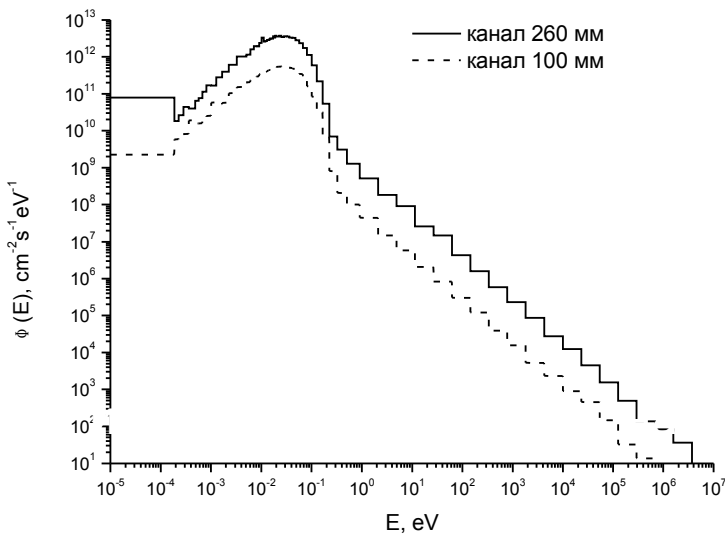
Вариант ввода мишени со стороны ГЭК - 6'

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	$3,91 \times 10^{10}$

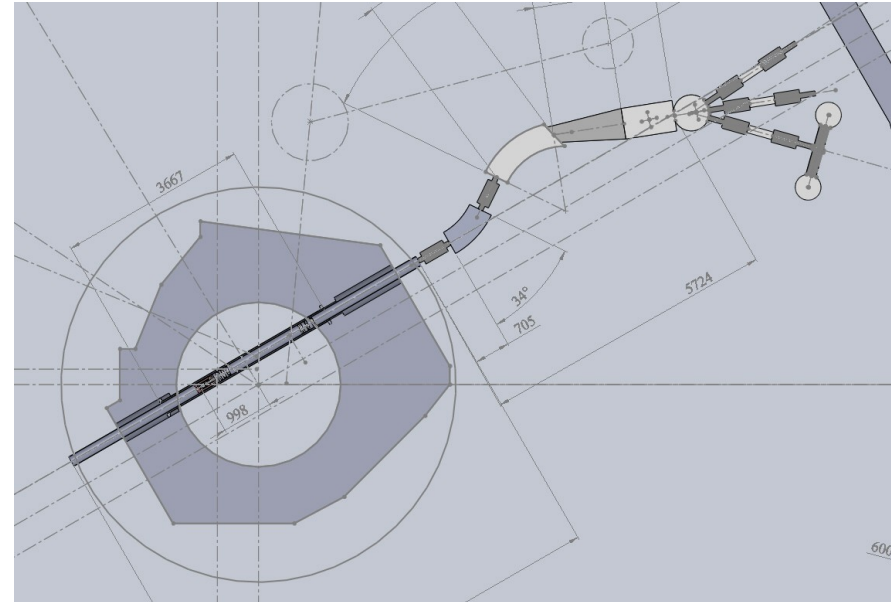
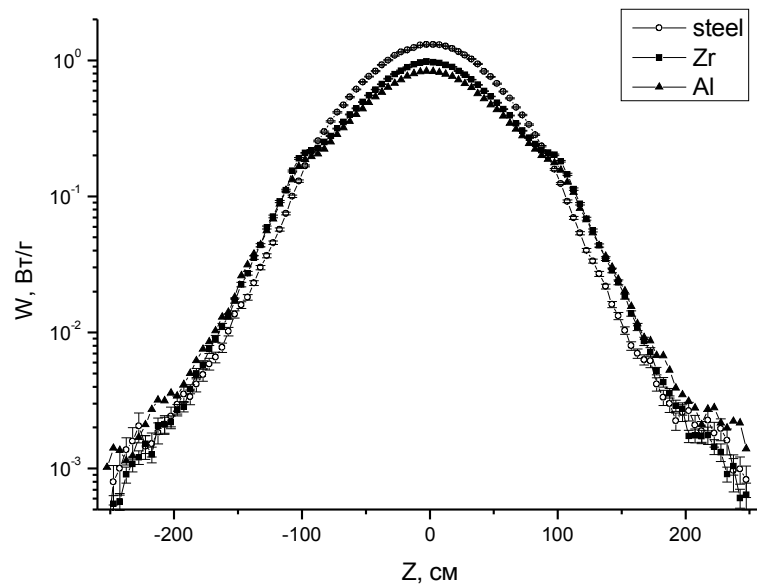


Канал диаметром
260 мм:

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	$2,70 \times 10^{11}$

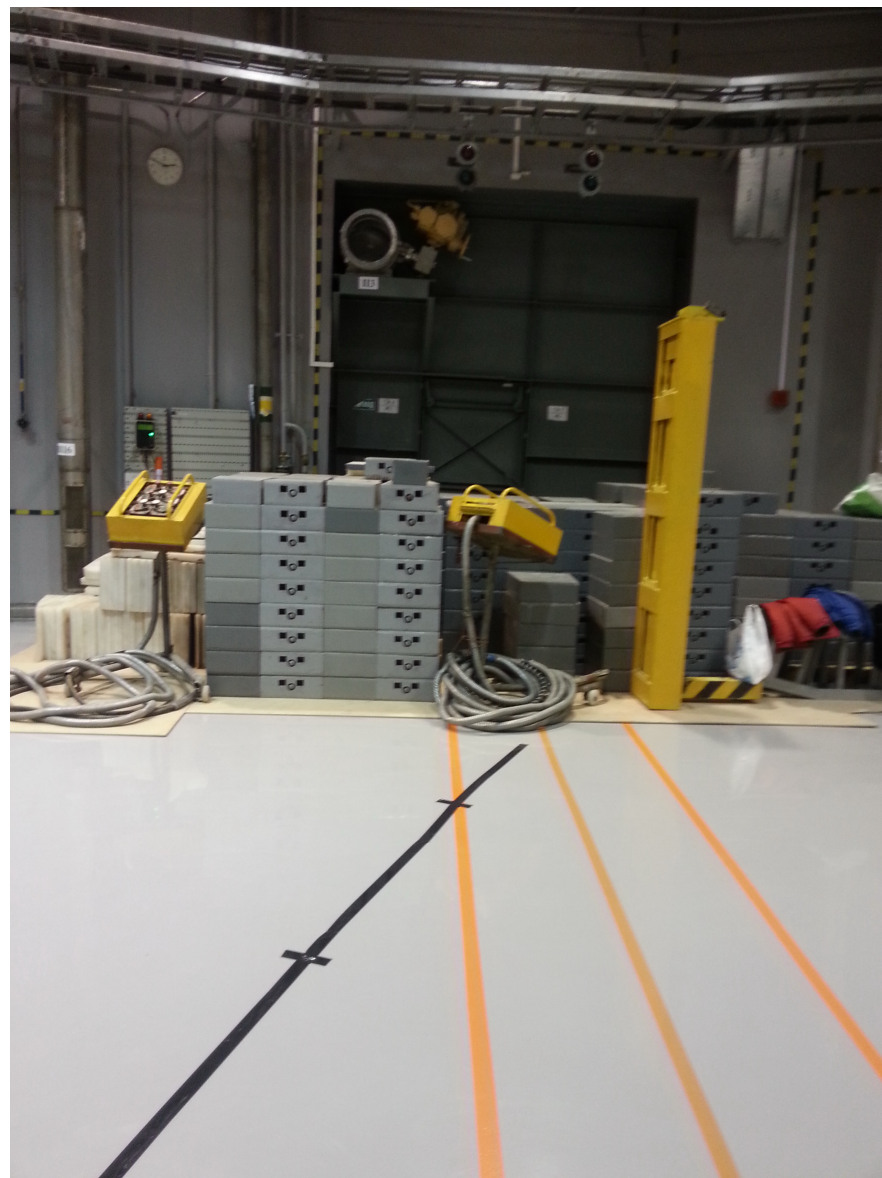
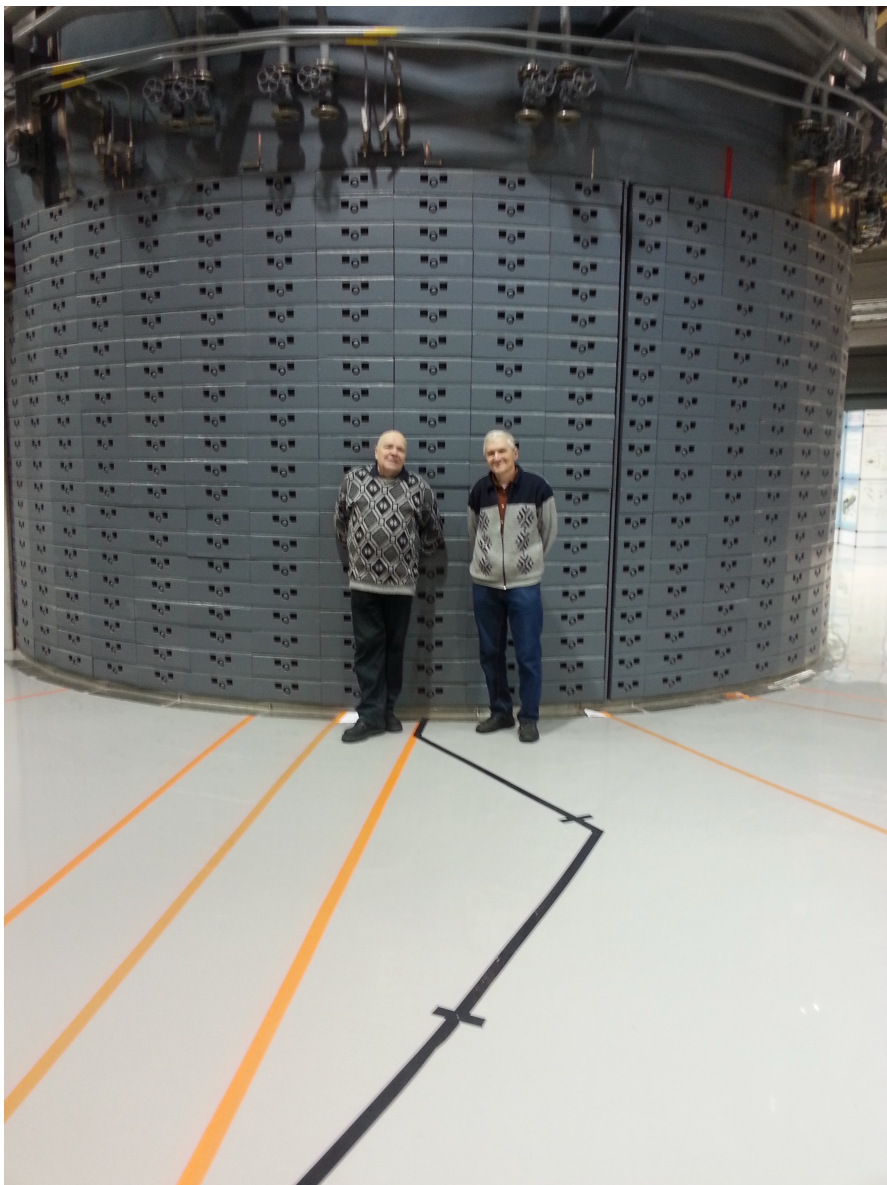
Спектр нейтронов на выходе канала ГЭК-6.

Энерговыведение на вставной трубе в канале ГЭК 6-6'

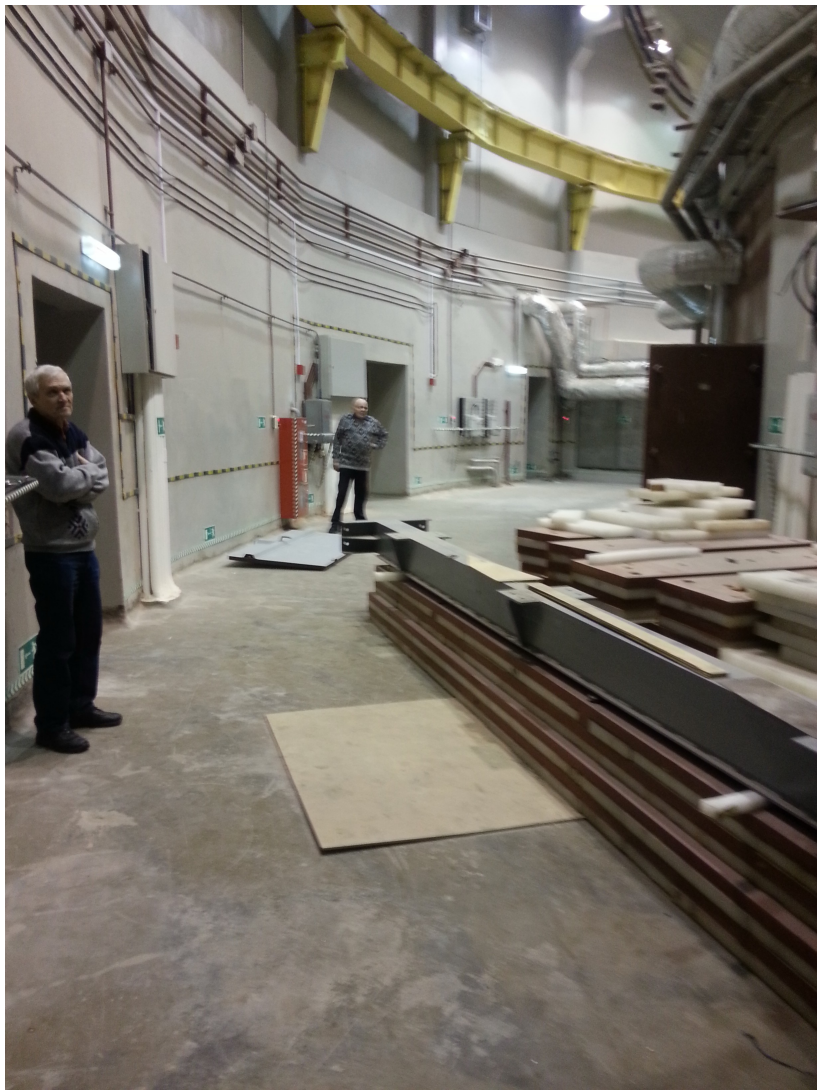


Распределение удельного энерговыведения по длине вставной трубы.
Материал контейнера - сталь, цирконий, алюминий.

Выход ГЭК 6' из реактора с осевой линией поворотного магнита и магнита масс-сепаратора

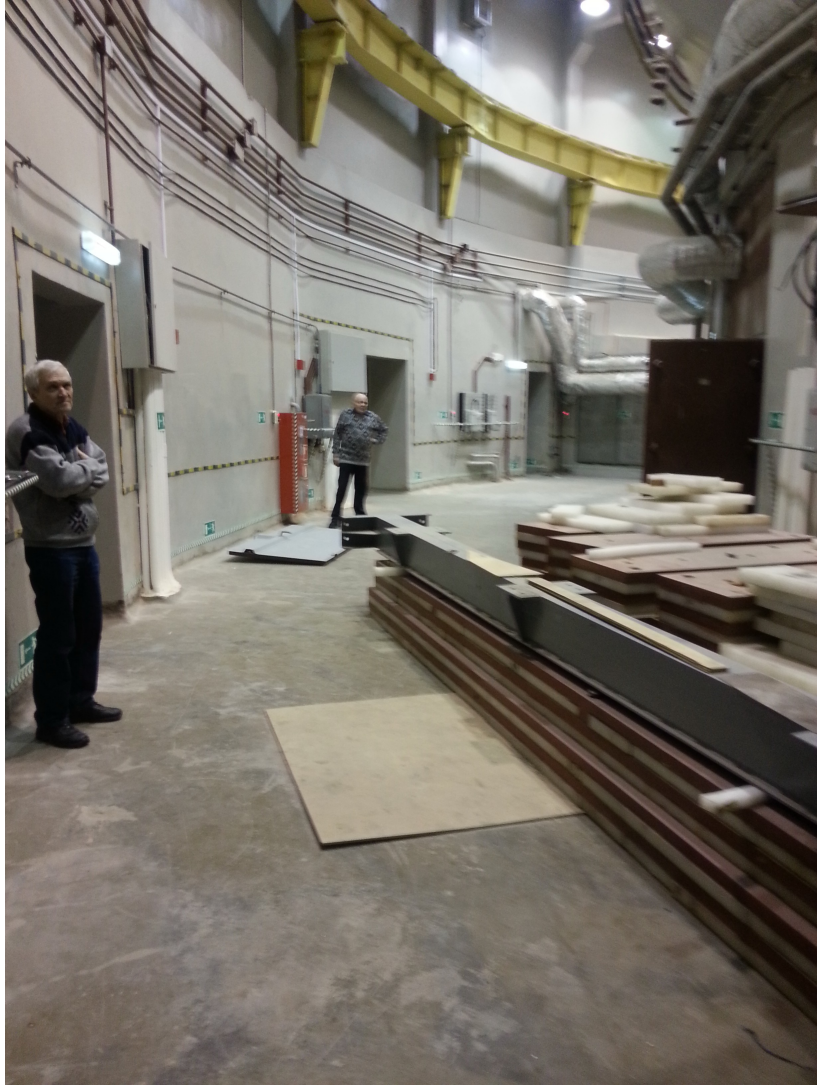


Место расположения комплекса ловушек Пеннинга



Направление выхода ГЭК-6

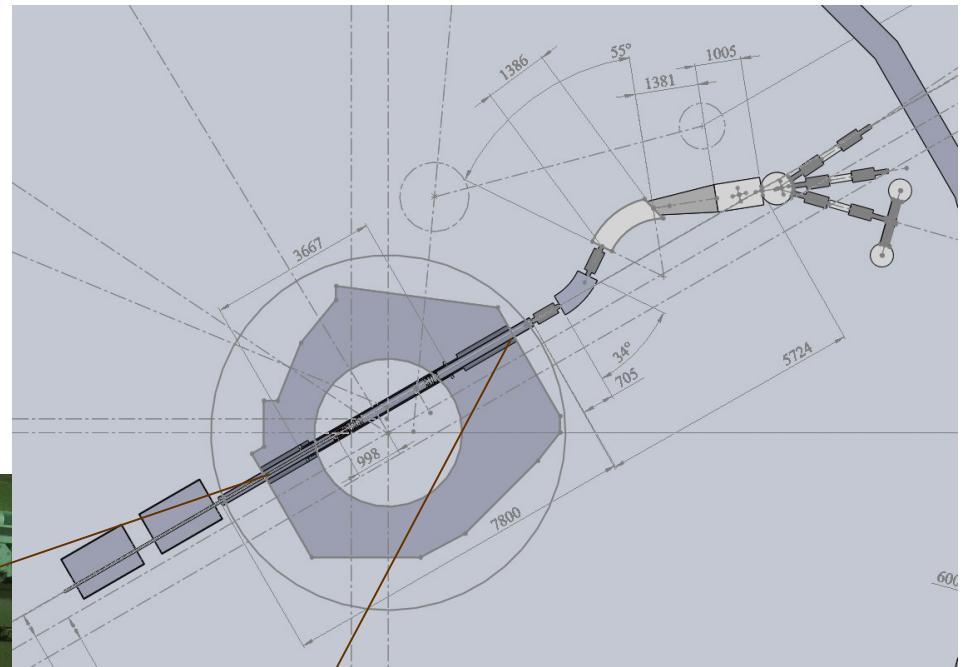
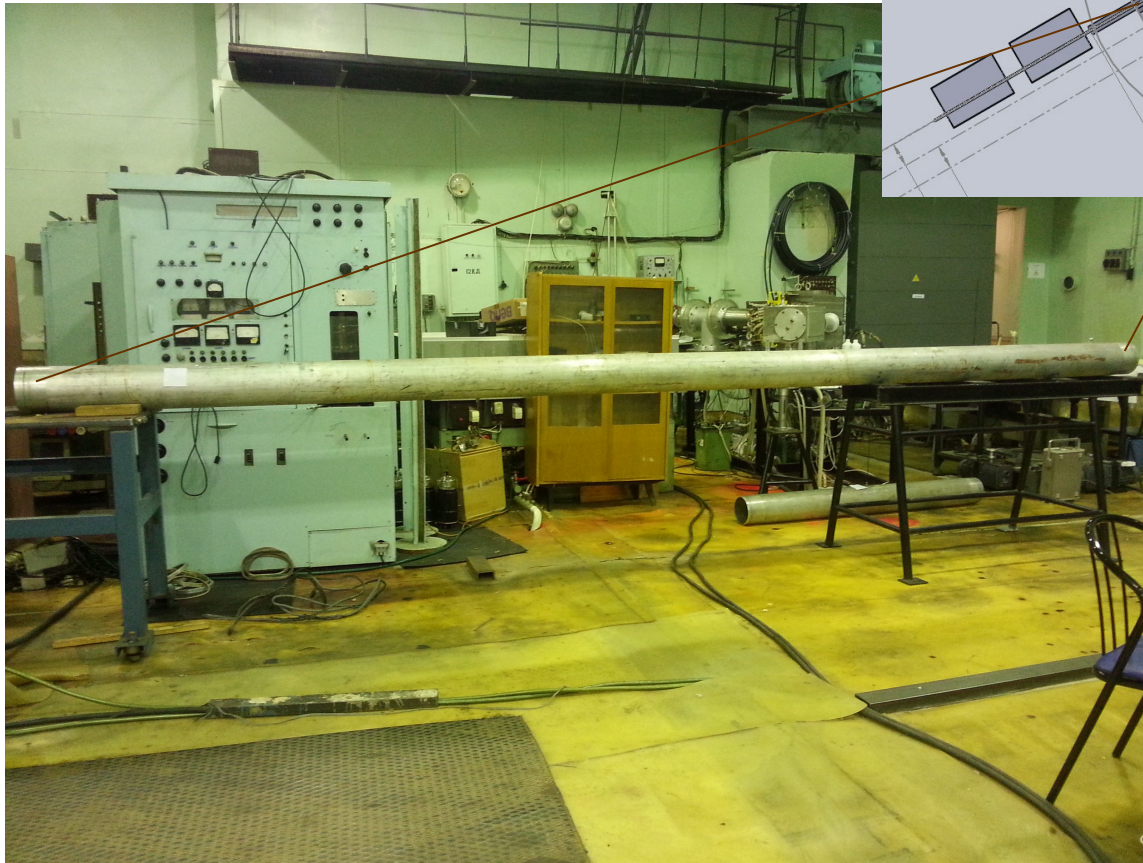








Начало изготовления прототипа
трубы-вкладыша с мишенной ионо-
оптической системой (экспериментальный
зал ИРИС)



**The time table of the project IRIN
development:**

2010-2015г.г.

**Development and tests of U-238
target devices at IRIS facility at the
beam of PNPI synchrocyclotron**

2015-2016

**Construction and tests of the
prototype of the ion-optical system of
the IRIN mass-separator.**

2016-2019

**Detailed elaboration of the project,
facility construction**

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

Сообщение В.Н. Пантелеева 24 декабря

Публикации 2015 г.

1. D.A. Fink, ..., A.E. Barzakh, D.V. Fedorov, V.N. Fedosseev, ..., M.D. Seliverstov, ..., *In-source Laser Spectroscopy with the Laser Ion Source and Trap: First Direct Study of the Ground-State Properties of $^{217,219}\text{Po}$* , Phys.Rev.X **5**, 011018 (2015).
2. F. Flavigny, ..., D. V. Fedorov, V. N. Fedosseev, ..., V. S. Ivanov, ..., M. D. Seliverstov, ..., *Characterization of the low-lying 0^+ and 2^+ states in ^{68}Ni via β decay of the low-spin ^{68}Co isomer*, Phys.Rev. C **91**, 034310 (2015).
3. C. Van Beveren, ..., A. N. Andreyev, A. E. Barzakh, D. Fedorov, V. N. Fedosseev, ..., M. D. Seliverstov, ..., *Internal decay of the (10^-) intruder state in ^{184}Tl* , Physical Review C **92**, 014325 (2015).
4. M.E. Estevez-Aguado, ..., V. N. Fedosseev, B. A. Marsh, D. V. Fedorov, P. L. Molkanov, A. N. Andreyev, M. D. Seliverstov, ..., *Shapes of $^{192,190}\text{Pb}$ ground states from beta-decay studies using the total-absorption technique*, Physical Review C **92**, 044321 (2015).
5. J. Diriken, ..., A. N. Andreyev, ..., V. N. Fedosseev, ..., M. D. Seliverstov, ..., *Experimental study of the $^{66}\text{Ni}(d,p)^{67}\text{Ni}$ one-neutron transfer reaction*, Physical Review C **91**, 054321 (2015).
6. D.A. Fink, ..., V.N. Fedosseev, ..., M.D. Seliverstov, ..., *On-line implementation and first operation of the Laser Ion Source and Trap at ISOLDE/CERN*, Nucl. Instrum. and Meth. B **344**, 83 (2015).
7. V.N. Panteleev, A.E. Barzakh at al., THE RADIOISOTOPE COMPLEX PROJECT "RIC-80" AT THE PETERSBURG NUCLEAR PHYSICS INSTITUTE
Manuscript Code #: A152090RR AIP ID: 067512RSI Journal: Rev. Sci. Instrum.
8. A.E. Barzakh, L. Kh. Batist, 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
Changes in the Mean Square Charge Radii and Electromagnetic Moments of Neutron-Deficient Bi Isotopes. *Nuclear Structure and Dynamics '15* AIP Conf. Proc. **1681**, 030011-1–030011-4;
doi: 10.1063/1.4932255 © 2015 AIP Publishing LLC 978-0-7354-1328-3/\$30.00

Публикации 2015 г.

1. D.A. Fink, ..., A.E. Barzakh, D.V. Fedorov, V.N. Fedosseev, ..., M.D. Seliverstov, ..., *In-source Laser Spectroscopy with the Laser Ion Source and Trap: First Direct Study of the Ground-State Properties of $^{217,219}\text{Po}$* , Phys.Rev.X **5**, 011018 (2015).
2. F. Flavigny, ..., D. V. Fedorov, V. N. Fedosseev, ..., V. S. Ivanov, ..., M. D. Seliverstov, ..., *Characterization of the low-lying 0^+ and 2^+ states in ^{68}Ni via β decay of the low-spin ^{68}Co isomer*, Phys.Rev. C **91**, 034310 (2015).
3. C. Van Beveren, ..., A. N. Andreyev, A. E. Barzakh, D. Fedorov, V. N. Fedosseev, ..., M. D. Seliverstov, ..., *Internal decay of the (10^-) intruder state in ^{184}Tl* , Physical Review C **92**, 014325 (2015).
4. M.E. Estevez-Aguado, ..., V. N. Fedosseev, B. A. Marsh, D. V. Fedorov, P. L. Molkanov, A. N. Andreyev, M. D. Seliverstov, ..., *Shapes of $^{192,190}\text{Pb}$ ground states from beta-decay studies using the total-absorption technique*, Physical Review C **92**, 044321 (2015).
5. J. Diriken, ..., A. N. Andreyev, ..., V. N. Fedosseev, ..., M. D. Seliverstov, ..., *Experimental study of the $^{66}\text{Ni}(d,p)^{67}\text{Ni}$ one-neutron transfer reaction*, Physical Review C **91**, 054321 (2015).
6. D.A. Fink, ..., V.N. Fedosseev, ..., M.D. Seliverstov, ..., *On-line implementation and first operation of the Laser Ion Source and Trap at ISOLDE/CERN*, Nucl. Instrum. and Meth. B **344**, 83 (2015).
7. V.N. Panteleev, A.E. Barzakh at al., THE RADIOISOTOPE COMPLEX PROJECT "RIC-80" AT THE PETERSBURG NUCLEAR PHYSICS INSTITUTE
Manuscript Code #: A152090RR AIP ID: 067512RSI Journal: Rev. Sci. Instrum.
8. A.E. Barzakh, L. Kh. Batist, 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
Changes in the Mean Square Charge Radii and Electromagnetic Moments of Neutron-Deficient Bi Isotopes. *Nuclear Structure and Dynamics '15* AIP Conf. Proc. **1681**, 030011-1–030011-4;
doi: 10.1063/1.4932255 © 2015 AIP Publishing LLC 978-0-7354-1328-3/\$30.00

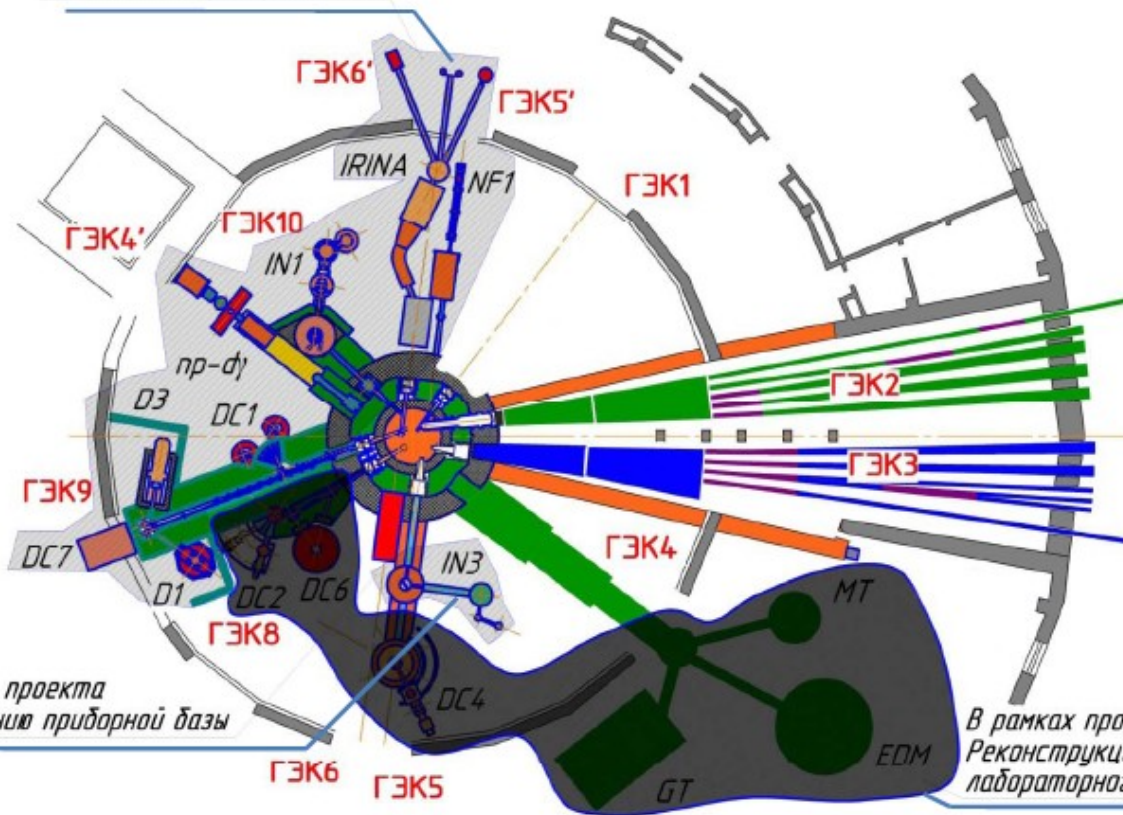
Выступления на конференциях в 2015 году

1. Доклад от имени коллаборации: A.E. Barzakh, « *Shape coexistence and charge radii in astatine and bismuth isotopes studied by in-source laser spectroscopy at RILIS-ISOLDE and IRIS-PNPI*», Nuclear Structure and Dynamics III, Portoroz, Slovenia June 14 - 19, 2015.
2. S. Rothe, ..., D.V. Fedorov, V.N. Fedosseev, ..., P.L. Molkanov, ..., *The laser ion source at CERN-ISOLDE: new features - more possibilities*, EMIS XVII (International Conference on Electromagnetic Isotope Separators and Related Topics), Grand Rapids, MI, USA May 11-15, 2015 (Presentation ID: 96).
3. T. Day Goodacre, ..., D.V. Fedorov, V.N. Fedosseev, ..., P.L. Molkanov, ..., *Extending the capabilities of the ISOLDE RILIS by blurring the boundaries between ion sources at ISOLDE*, EMIS XVII (International Conference on Electromagnetic Isotope Separators and Related Topics), Grand Rapids, MI, USA May 11-15, 2015 (Presentation ID: 82).
4. A. E. Barzakh, (on behalf of Windmill-ISOLTRAP-RILIS-IRIS collaboration): *In-source laser spectroscopy at ISOLDE and IRIS (Gatchina): New results and the problem of hyperfine structure anomaly*. The interplay between atomic and nuclear physics to study exotic nuclei. ECT* workshop (EUROPEAN CENTRE FOR THEORETICAL STUDIES IN NUCLEAR PHYSICS AND RELATED AREAS, Trento, Italy) August 24th-- August 27th 2015.
5. A. E. Barzakh, *Report on IRIS-data for Bi and ideas for the next bDf and in-source laser spectroscopy proposal at ISOLDE*. RILIS in-source laser spectroscopy collaboration meeting, Leuven, 23rd of September, 2015.
6. V.N. Panteleev , A.E. Barzakh , L.Kh. Batist , D.V. Fedorov , V.S. Ivanov , F.V. Moroz , P.L. Molkanov , S.Yu. Orlov , Yu.M. Volkov .The project of radioisotope complex RIC-80 at PNPI . Third International Conference on Radiation and Application in Various Fields of Research. June8-12, 2015, Budva, Montenegro.
7. V.N. Panteleev , A.E. Barzakh , L.Kh. Batist , D.V. Fedorov , V.S. Ivanov , F.V. Moroz , P.L. Molkanov , S.Yu. Orlov , Yu.M. Volkov.The IRIN project at the reactor PIK. 23-rd International Seminar on Interaction of Neutrons with nuclei. May 25-29, 2015 Dubna, Russia.
8. В.Н. Пантелеев, А.Е. Барзах, Л.Х. Батист, Ю.М. Волков. В.С. Иванов, С.А. Кротов, Ф.В. Мороз, П.Л. Молканов, С.Ю. Орлов, Д.В. Федоров. Проект радиоизотопного комплекса РИЦ-80 в ПИЯФ. Международная научно-практическая конференция "Адронная терапия и ядерная медицина". 5-7 октября 2015 г., Санкт-Петербург, Россия.

Создание приборной базы реакторного комплекса ТИК

Зал горизонтальных каналов (8шт.)

В рамках проекта по созданию приборной базы



- D1** - Суперпозиционный многосекционный порошковый дифрактометр
- D3** - Порошковый многодетекторный дифрактометр тепловых нейтронов
- DC1** - Четырехкружный дифрактометр
- IN1** - Трехосный спектрометр тепловых нейтронов
- IN3** - Трехосный спектрометр поляризованных нейтронов

- **np-dγ** - Установка «Бета-распад нейтрона»
- **IRINA** - Масс-сепараторный лазерно-ядерный комплекс ИРИНА
- **n4** - Установка «Нейтрино» (расположена в подреакторном пространстве)