

Сессия ученого Совета ОФВЭ, 23-26 декабря 2014 г.,

*Лаборатория короткоживущих ядер  
В. Н. Пантелеев*

**Эксперименты на установке ИРИС  
МЛК ИРИНА**

## Состав Лаборатории короткоживущих ядер в 2014 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. С.В. Филатов - инж. 1/2 ст.
- 
18. Евцихевич А.В. - слесарь
  19. Лемешко Г.Г. - вед. инженер, 1/2 ст.
  20. Копченев Н. А. - токарь
  21. Паршина В. И. - техник
  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)	-	60 тыс. рублей
Комета, Москва	-	7.5 тыс. рублей

## 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"

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:

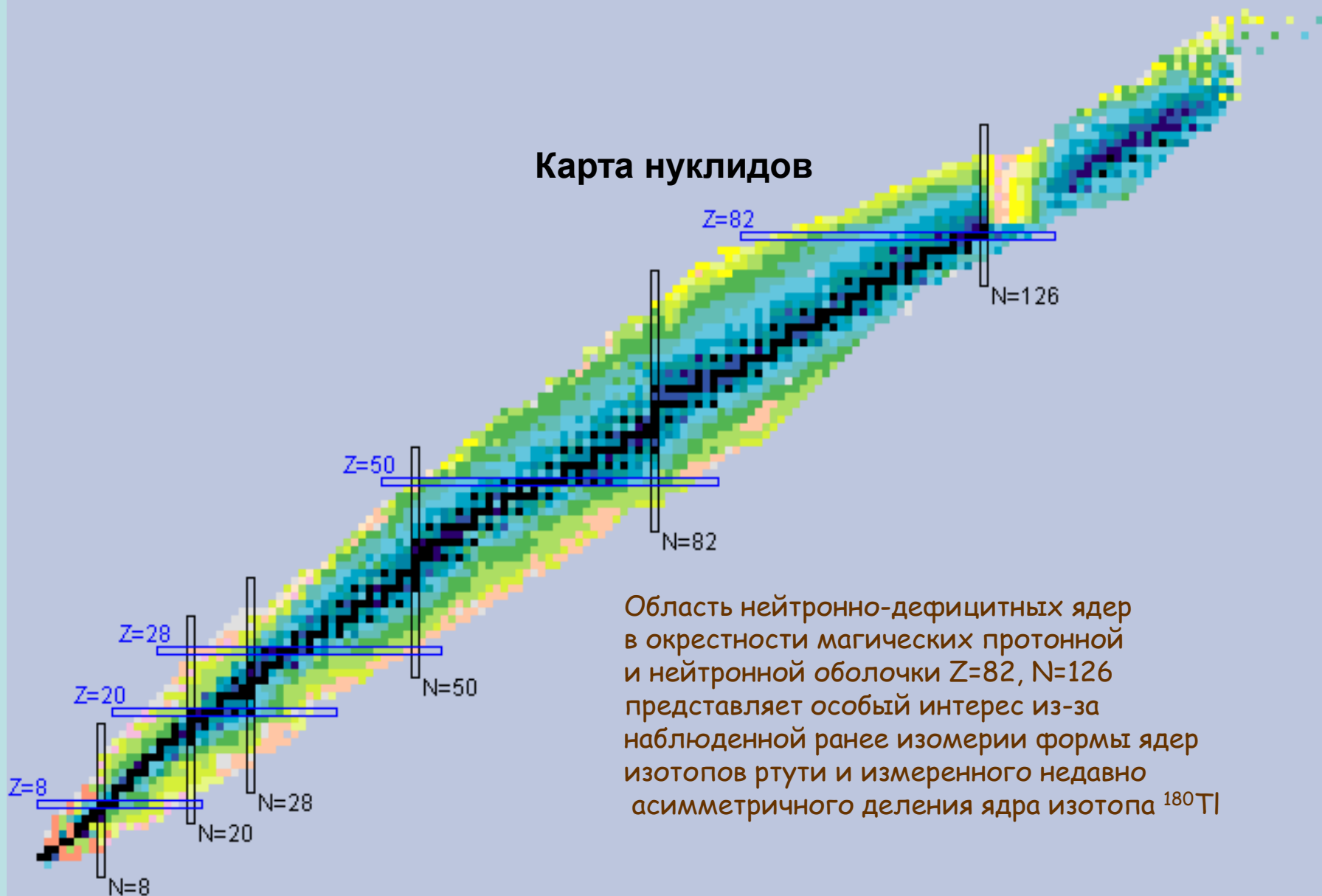
“Получение и исследование ядер, удаленных от полосы стабильности на синхроциклотроне ПИЯФ с помощью масс-сепараторного лазерного комплекса ИРИС-УЛИСС.”

2014 год: Получение и лазерно-спектроскопические исследования нейтронно-дефицитных изотопов висмута.

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

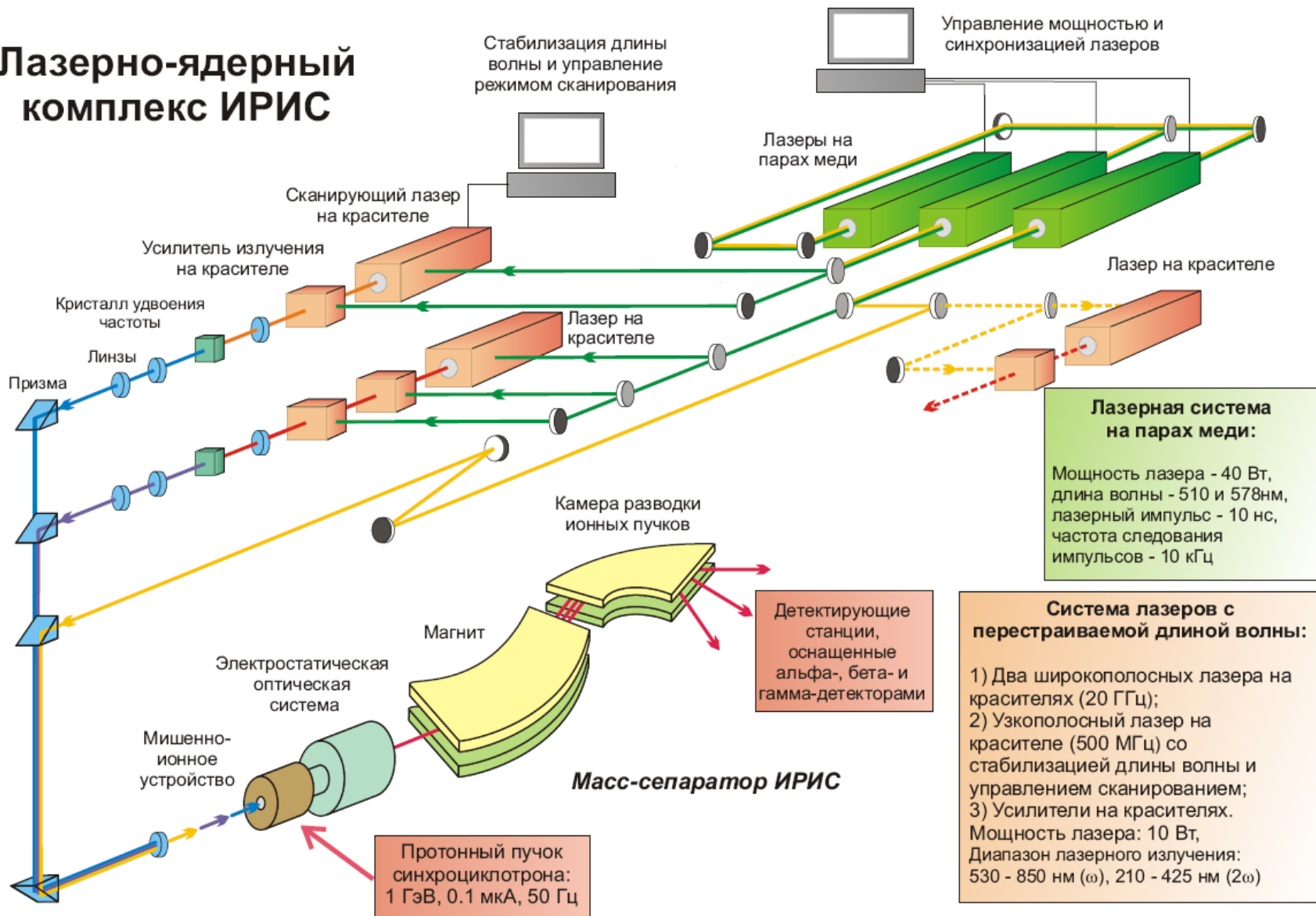
область магических протонной  
и нейтронной оболочки  $Z=82$  (Pb)  
 $N=126$ .

## Карта нуклидов

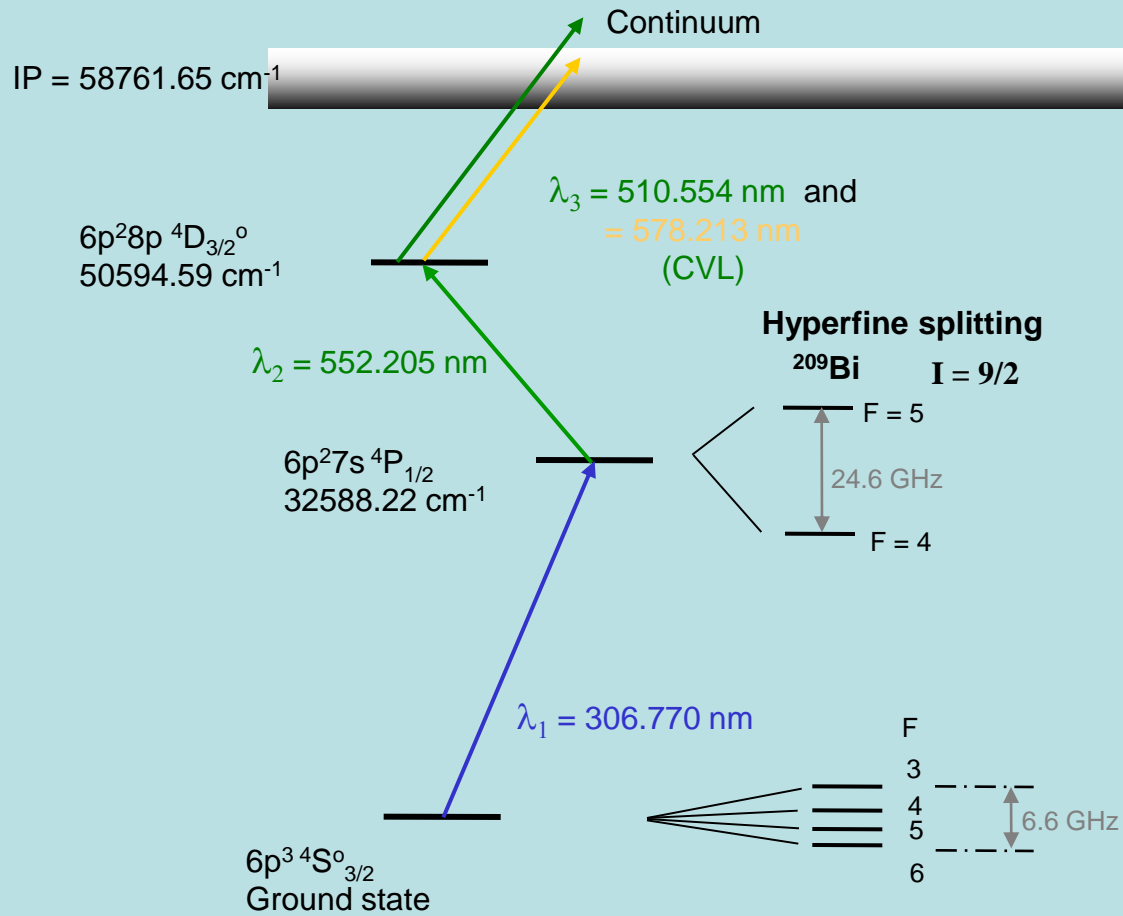


Область нейтронно-дефицитных ядер в окрестности магических протонной и нейтронной оболочки  $Z=82$ ,  $N=126$  представляет особый интерес из-за наблюдаемой ранее изомерии формы ядер изотопов ртути и измеренного недавно асимметричного деления ядра изотопа  $^{180}\text{Tl}$

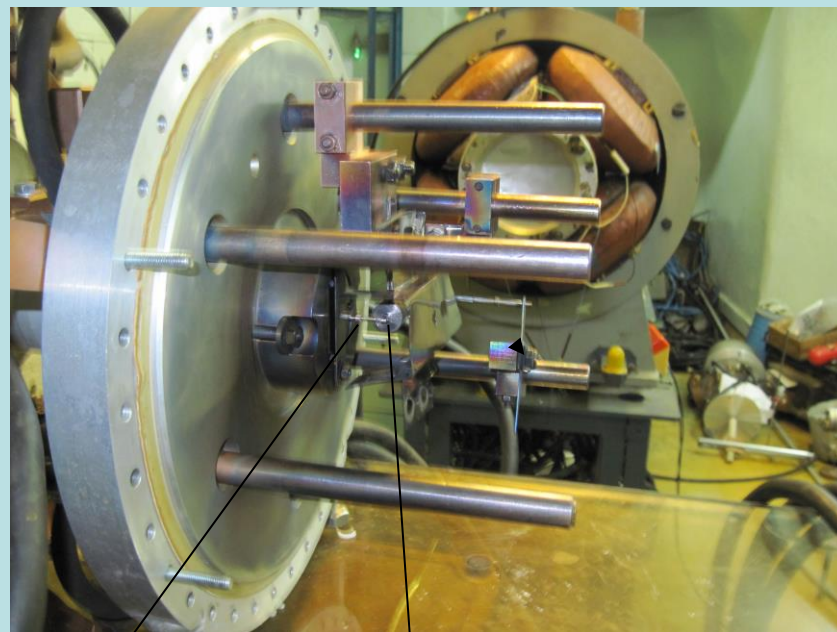
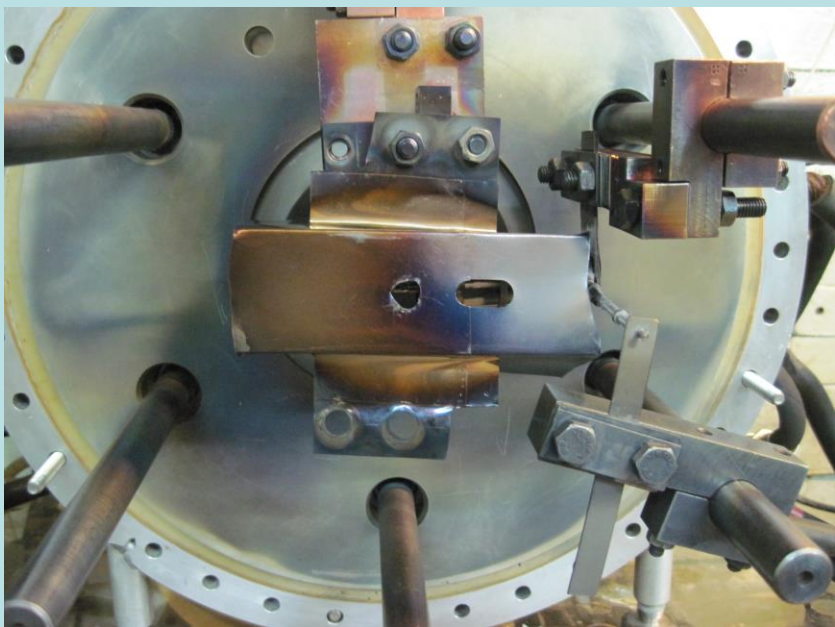
# Лазерно-ядерный комплекс ИРИС



# Схема ионизации Вi





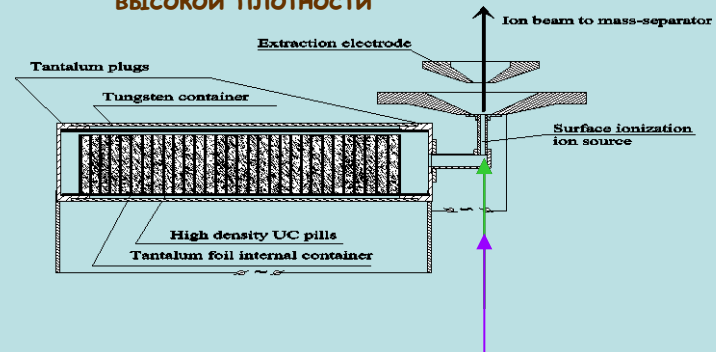


Лазерный ионный источник

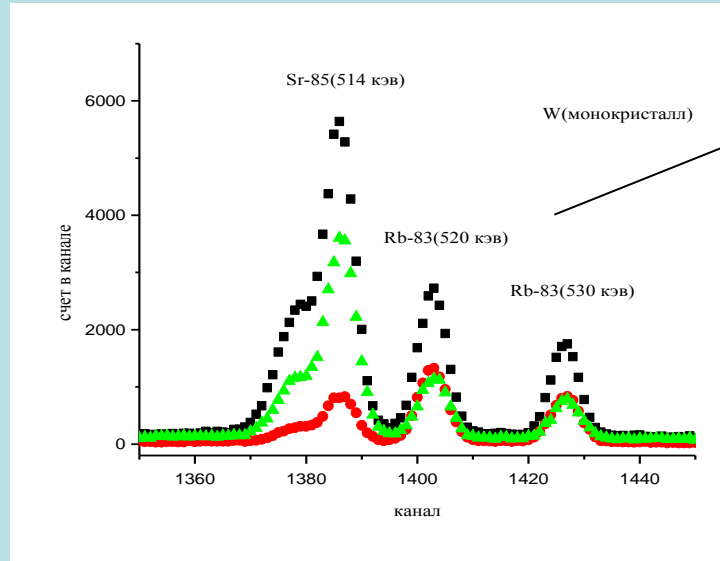


Ультрафиолетовый и зеленый лазерные лучи, сфокусированные в объем лазерного ионного источника

Мишень с карбидом урана  
высокой плотности

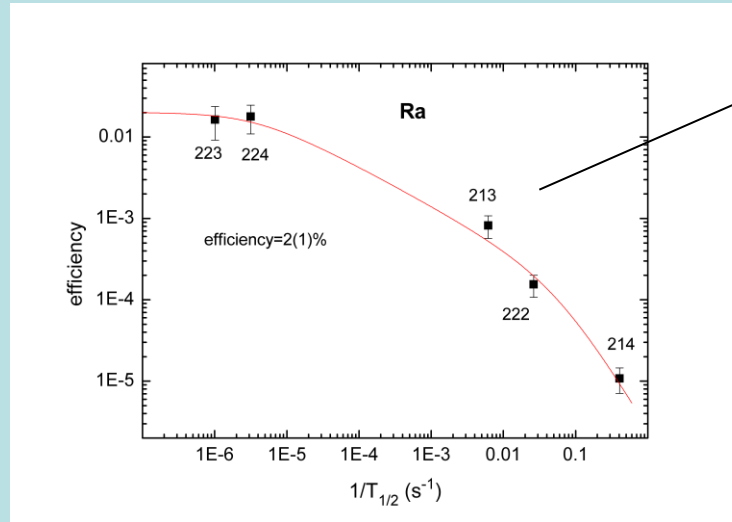


# Измерение эффективности поверхностной ионизации радиоизотопов стронция



Измеренная **off-line** эффективность ионизации рубидия при температуре 2400 °С равна 84%, стронция 45%

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



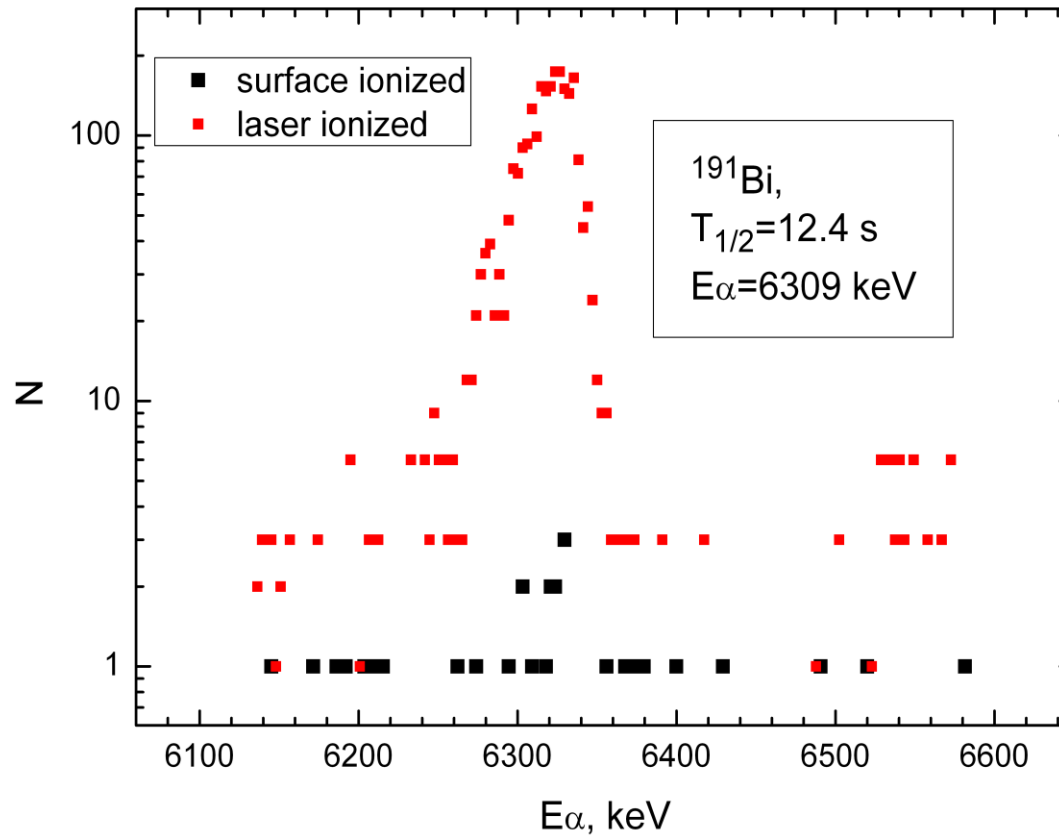
Выходы изотопов радия, измеренные в **on-line** режиме на масс-сепараторе ИРИС

Как было показано в наших ранних работах, при увеличении длины ионизатора эффективность ионизации возрастает пропорционально его длине, поэтому, используя источник из монокристаллического вольфрама длиной 50 мм, реально получить эффективность ионизации, близкую к 100% как для стронция, так и для радия

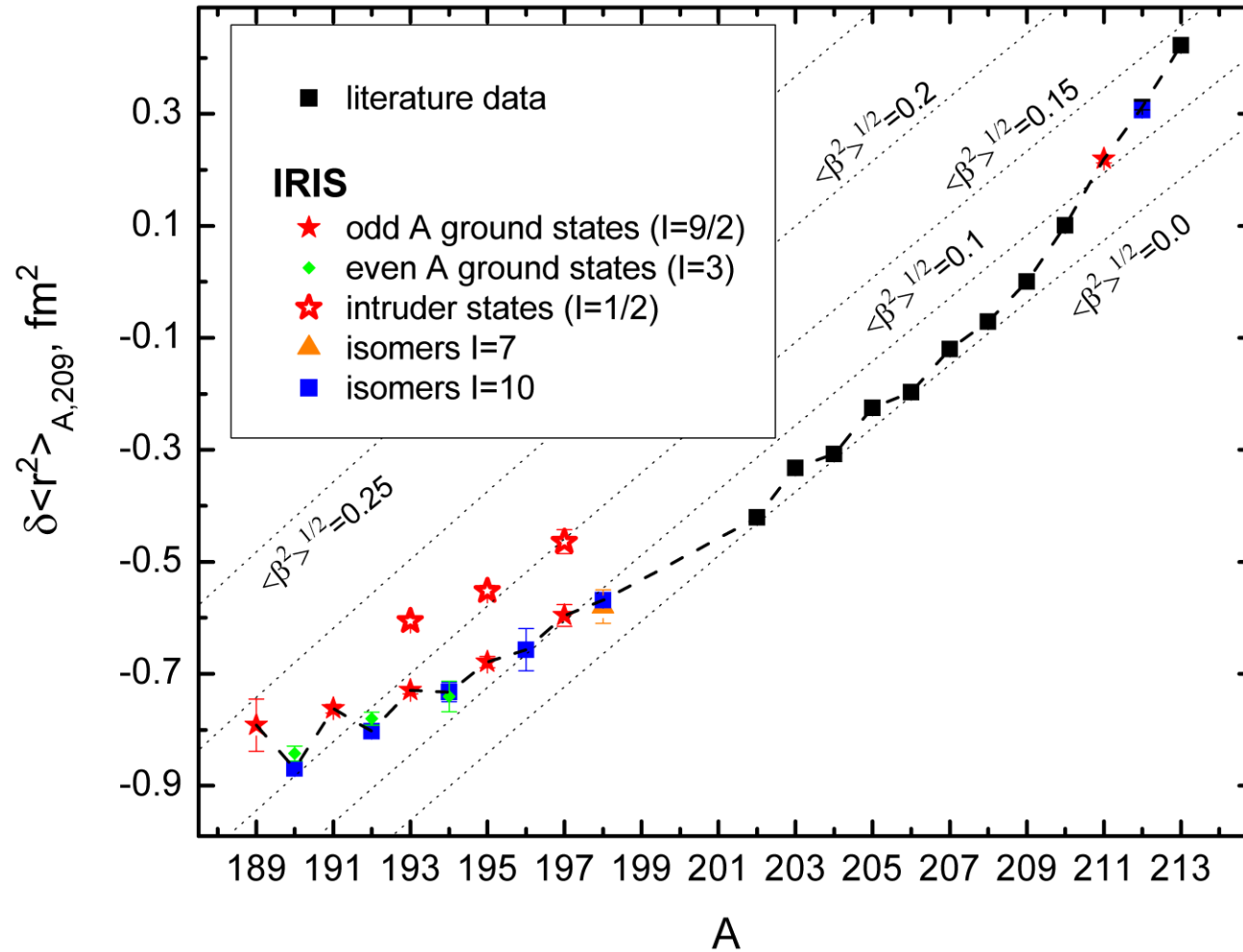
Трубки из монокристалла вольфрама длиной 45 мм с работой выхода грани, выходящей во внутреннюю полость, 5.6 эВ



Резонансное увеличение счета на альфа-линии  $^{191}\text{Bi}$  при включении лазерного излучения в лазерном ионном источнике



Впервые удалось получить радиоактивные ионы висмута в источнике поверхностной ионизации



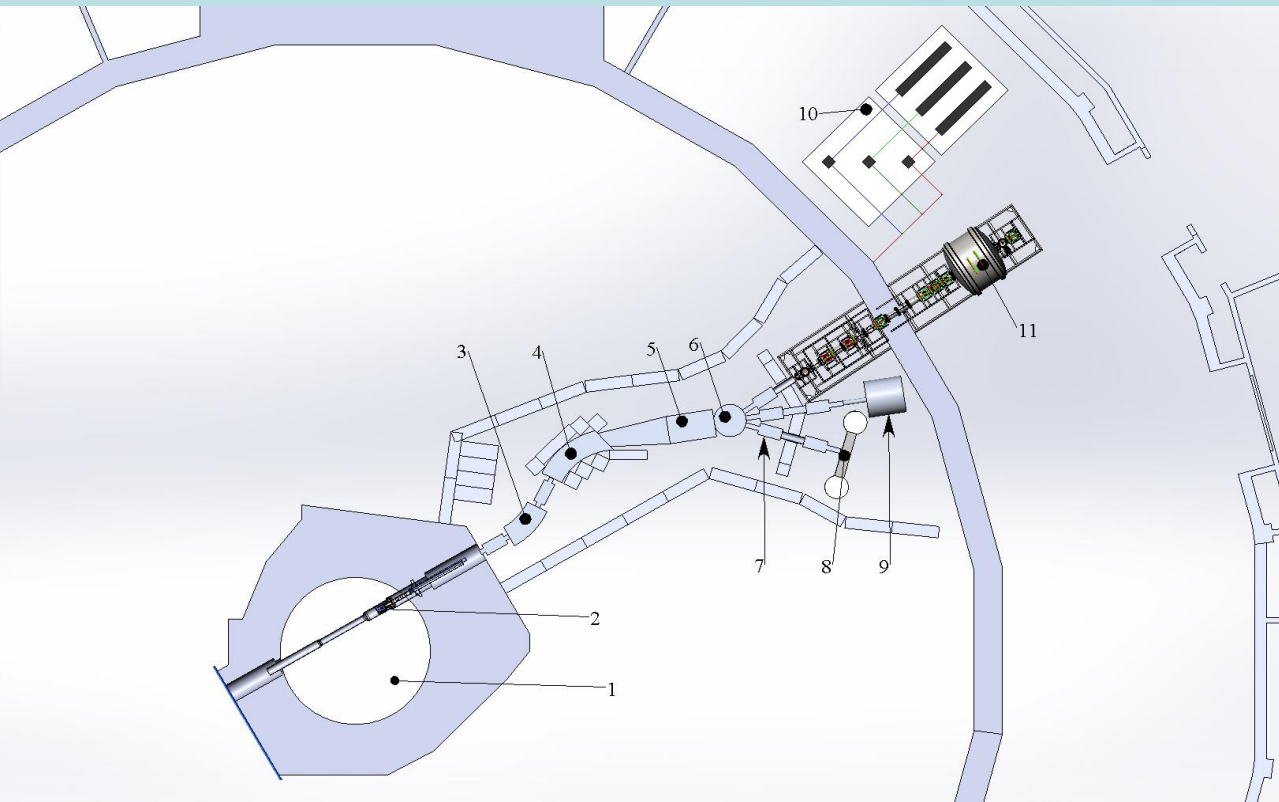
Методом резонансной лазерной спектроскопии в лазерном ионном источнике впервые измерены изотопические сдвиги и сверхтонкое расщепление для 12 изотопов и 8 изомеров Bi.

## **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 ТИК



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

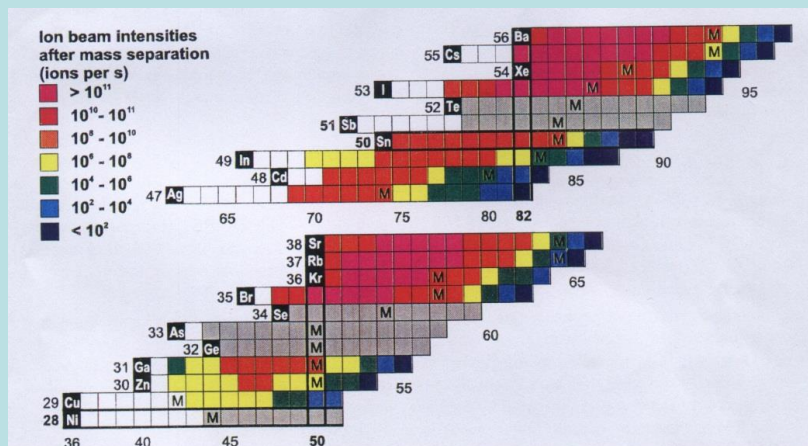
Масса - 3-4 г.

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

Выделяемая мощность -

2.5 - 3 квт.

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 ТИК 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).

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  $^{132}\text{Sn}$  и области ядер с магическим числом нейтронов  $N=50$  (нейтронноизбыточные изотопы  $\text{Ge}$ ,  $\text{Ga}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Cu}$  и  $\text{Ni}$ ).

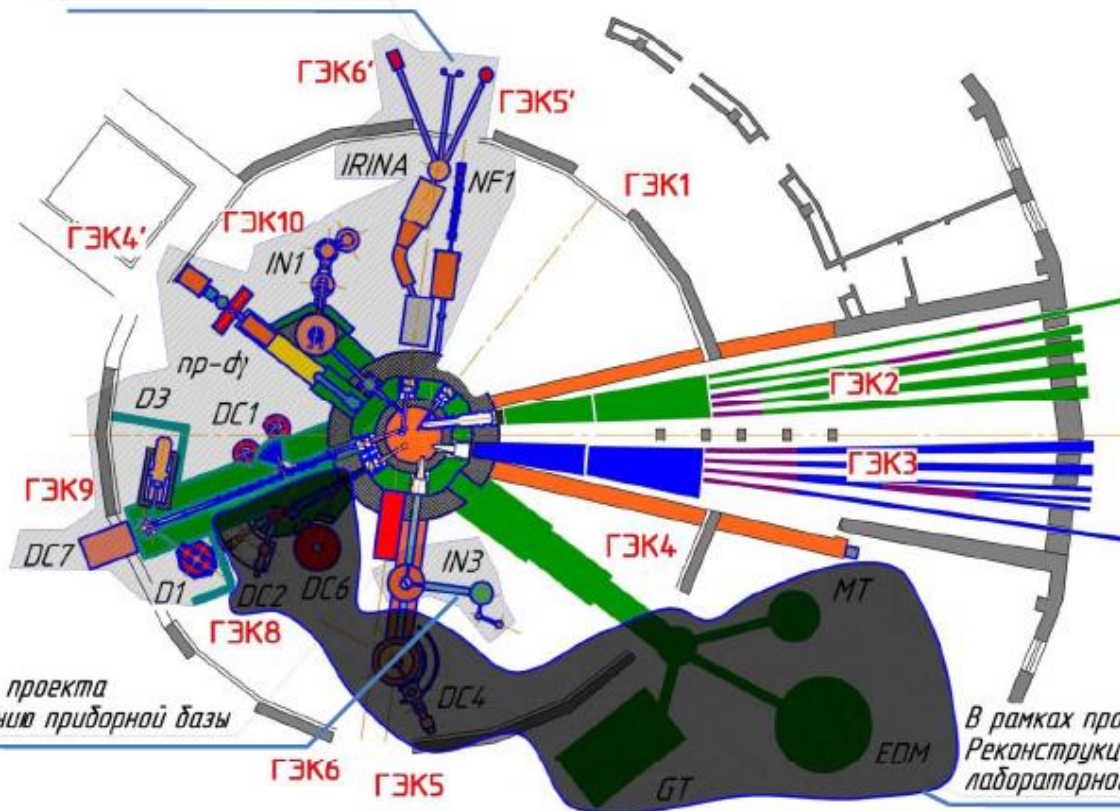
Кроме того, на радиоизотопном комплексе ИРИНА могут производиться сверхчистые радионуклиды для медицинского применения.



# Создание приборной базы реакторного комплекса ТИК

## Зал горизонтальных каналов (8шт.)

В рамках проекта  
по созданию приборной базы



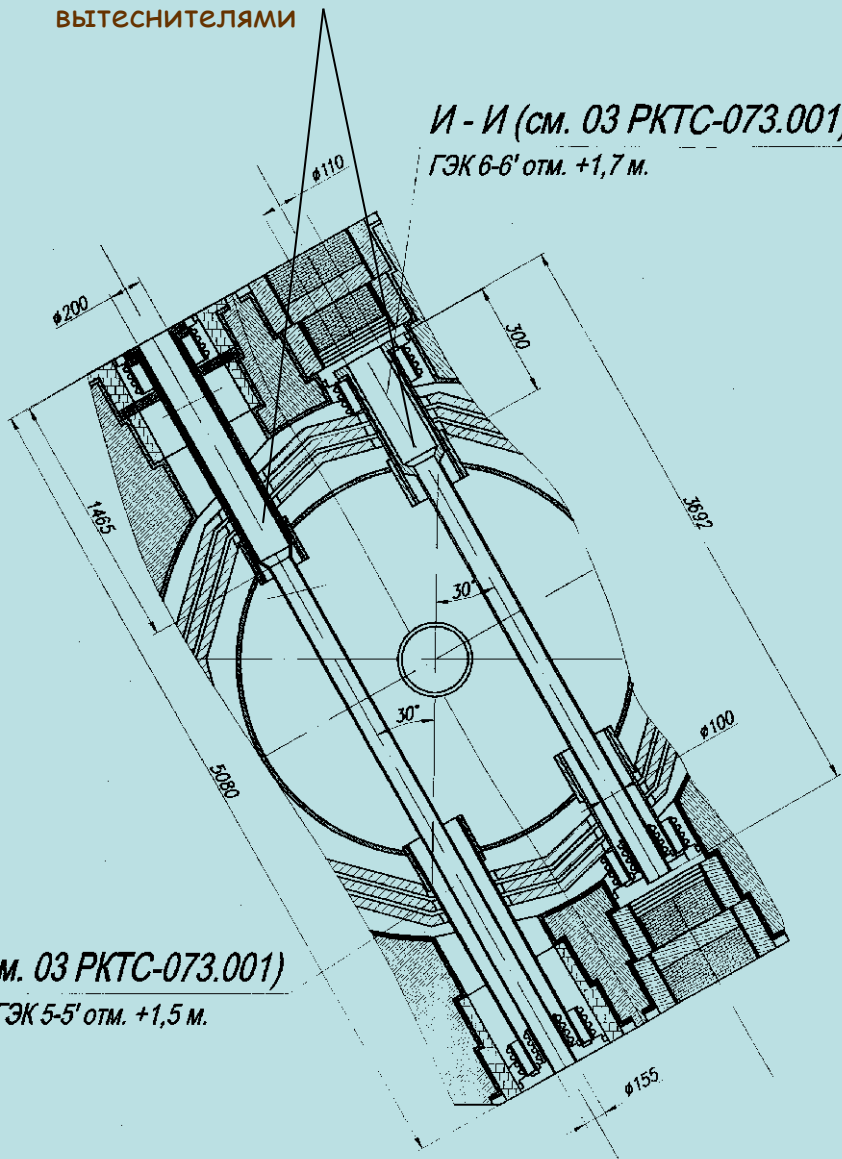
- D1** - Суперпозиционный многосекционный порошковый дифрактометр
- D3** - Порошковый многодетекторный дифрактометр тепловых нейтронов
- DC1** - Четырехкружный дифрактометр
- IN1** - Трехосный спектрометр тепловых нейтронов
- IN3** - Трехосный спектрометр поляризованных нейтронов

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

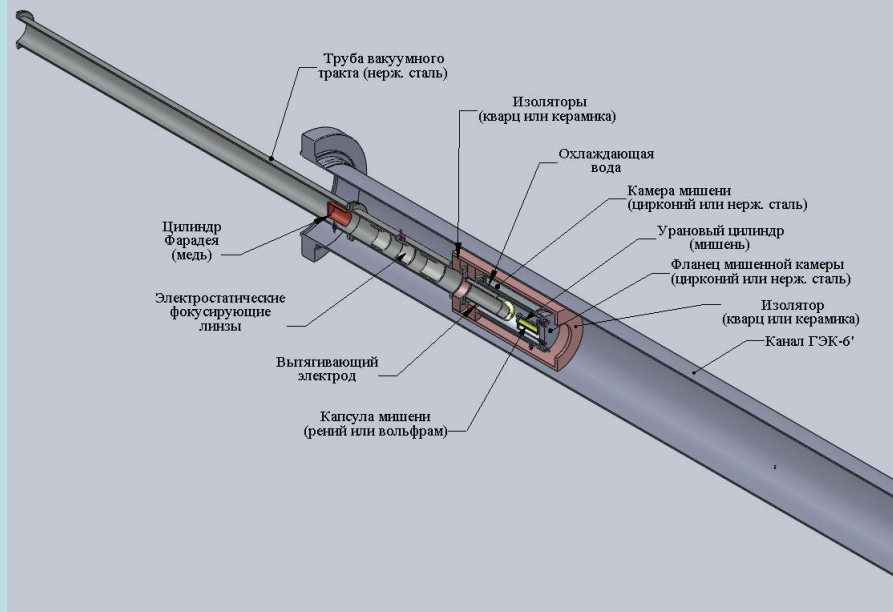
Каналы ГЭК-5 и ГЭК-6 с установленными вытеснителями

И - И (см. 03 РКТС-073.001)

ГЭК 6-6' отм. +1,7 м.



Труба канала ГЭК-6, планируемая к установке



Труба канала ГЭК-6 с мишенным устройством и ионо-оптической системой масс-сепаратора



Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»  
«Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова»

## **РЕАКТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ПИК**

**том 4**

### **Концепция инвестиционного проекта «Создание приборной базы реакторного комплекса ПИК»**

Научные редакторы

**В.Л. Аксенов**

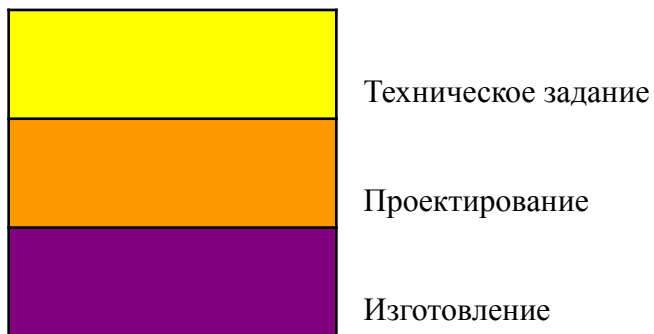
**М.В. Ковальчук**

Составители:  
Гатчина 2014

**В.В. Воронин, С.В. Григорьев**

Таблица 2. План-график модернизации экспериментальных каналов реактора ПИК

	2014				2015				2016				2017				2018			
<b>Экспериментальный канал</b>																				
ВК для ГЭК 3																				
НЭК 1																				
ГЭК 2																				
ГЭК 4-4'																				
ГЭК 5-5'																				
ГЭК 6-6'																				
ГЭК 8																				



	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>ПРОЕКТ</b>						
Разработка проекта	← 10 млн. Евро →					
Государственная экспертиза						
<b>Источники нейтронов</b>						
Замена каналов реактора, нейтронная система, криогенные системы дополнительных ИХН, ИУХН, ввод в эксплуатацию дополнительных ИХН и ИУХН			← 60.5 млн. Евро →			
<b>Экспериментальные станции</b>						
Ядерная физика и физика элементарных частиц (7 приборов)				← 50.25 млн. Евро →		
Физика конденсированного состояния (13 приборов)			← 70.6 млн. Евро →			
<b>Молекулярно-биологический центр</b>						
Лаборатория и инфраструктура для молекулярно-биологических исследований				← 20.0 млн. Евро →		

В 2014 году

Разработано, изготовлено и использовано в режиме on-line для получения изотопов висмута мишенно-ионное устройство с лазерным ионным источником из монокристалла вольфрама с высокой работой выхода внутренней поверхности.

Впервые проведены измерения сверхтонкой структуры и изотопических сдвигов 12 изотопов и 8 изомерных состояний нейтронно-дефицитных изотопов Bi.

Продолжено сотрудничество с ISOLDE по исследованию нейтронно-дефицитных изотопов в области свинца с использованием лазерного ионного источника.

Написано техническое задание на МЛК ИРИНА для концепции инвестиционного проекта «Создание приборной базы реакторного комплекса ТИК».

## 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. Тантелева 24 декабря*

## Публикации 2014 г.

1. M. D. Seliverstov, T. E. Cocolios, W. Dexters, A. N. Andreyev, S. Antalic, A. E. Barzakh, B. Bastin, J. Buescher, I. G. Darby, D. V. Fedorov, V. N. Fedosseev, K. T. Flanagan, S. Franchoo, G. Huber, M. Huyse, M. Keupers, U. Koester, Yu. Kudryavtsev, B. A. Marsh, P. L. Molkanov, R. D. Page, A. M. Sjoedin, I. Stefan, P. Van Duppen, M. Venhart, and S. G. Zemlyanov, **Electromagnetic moments of odd-A 193–203,211Po isotopes, Physical Review C 89, 034323 (2014).**
2. B. A. Marsh, V. N. Fedosseev, D. A. Fink, T. Day Goodacre, R. E. Rossel, S. Rothe, D. V. Fedorov, N. Imai, M. D. Seliverstov, P. Molkanov, **RILIS applications at CERN/ISOLDE, Hyperfine Interact. (2014) 227:101.**
3. L. Ghys, A. N. Andreyev, M. Huyse, P. Van Duppen, S. Sels, B. Andel, S. Antalic, A. E. Barzakh, L. Capponi, T. E. Cocolios, X. Derkx, H. De Witte, J. Elseviers, D. V. Fedorov, V. N. Fedosseev, F. P. Hessberger, Z. Kalaninova, U. Köster, J. F. W. Lane, V. Liberati, K. M. Lynch, B. A. Marsh, S. Mitsuoka, P. Möller, Y. Nagame, K. Nishio, S. Ota, D. Pauwels, R. D. Page, L. Popescu, D. Radulov, M. M. Rajabali, J. Randrup, E. Rapisarda, S. Rothe, K. Sandhu, M. D. Seliverstov, A. M. Sjoedin, V. L. Truesdale, C. Van Beveren, P. Van den Bergh, Y. Wakabayashi, and M. Warda, **Evolution of Fission-Fragment Mass Distributions in the Neutron-Deficient Lead Region, Physical Review C 90, 041301(R) (2014).**
4. D. A. Fink, T. E. Cocolios, A. N. Andreyev, S. Antalic, A. E. Barzakh, B. Bastin, D. V. Fedorov, V. N. Fedosseev, K. T. Flanagan, L. Ghys, A. Gottberg, M. Huyse, N. Imai, T. Kron, N. Lecesne, K. M. Lynch, B. A. Marsh, D. Pauwels, E. Rapisarda, S. D. Richter, R. E. Rossel, S. Rothe, M. D. Seliverstov, A. M. Sjoedin, C. Van Beveren, P. Van Duppen, and K. D. A. Wendt, **In-source laser spectroscopy with the Laser Ion Source and Trap: First direct study of the ground-state properties of 217,219Po, submitted to Phys.Rev. (2014).**