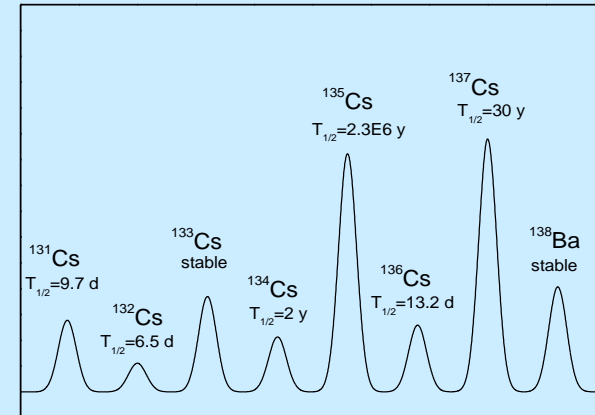
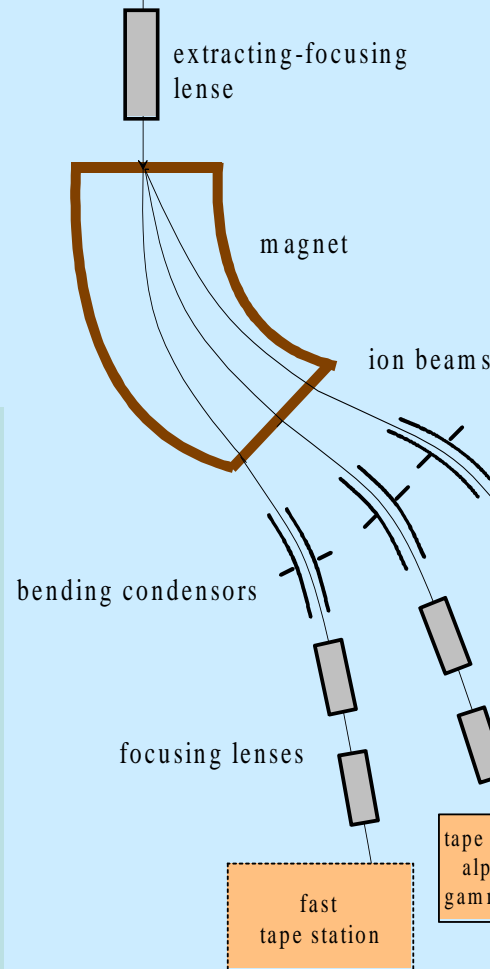


# ПРОЕКТ РАДИОИЗОТОПНОГО КОМПЛЕКСА РИЦ-80 В ПИЯФ (первый этап)

# ИРИС - единственная в России ISOL установка (работает в ПИЯФ с 1975 г.)



proton beam → combined target-ion source



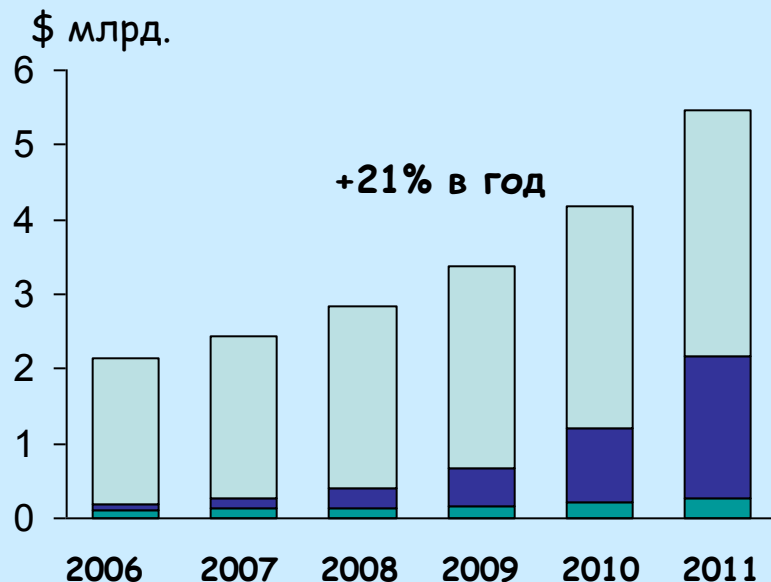
Долгоживущие изотопы Cs из  $^{238}\text{U}$  мишени, измеренные с помощью цилиндра Фарадея на коллекторе масс-сепаратора ИРИС. Эффективность получения  $\epsilon_{r-i} = 65 \pm 15\%$

- Протоны:** 1000 MeV, до 0.3  $\mu\text{A}$  на мишени
- Мишени:** фольги тугоплавких металлов, расплавленные металлы, карбиды металлов;  $^{238}\text{U}$  для получения изотопов, распадающихся  $\beta^-$  распадом
- Ионные источники:** плазменные, поверхностной ионизации, высокоселективный лазерный ионный источник
- Получаемые изотопы:** изотопы большинства элементов Периодической системы с периодами полураспада миллисекунды-годы
- Главные цели:** ядерно-физические исследования; с 2010 г. разработка методов получения радионуклидов для ядерной медицины

# Оценка глобального рынка, \$ млрд.

Мировой рынок медицинских радиоизотопов

- Диагностические
- Терапевтические
- Исследовательские



Стоимость производства  $^{82}\text{Sr}$

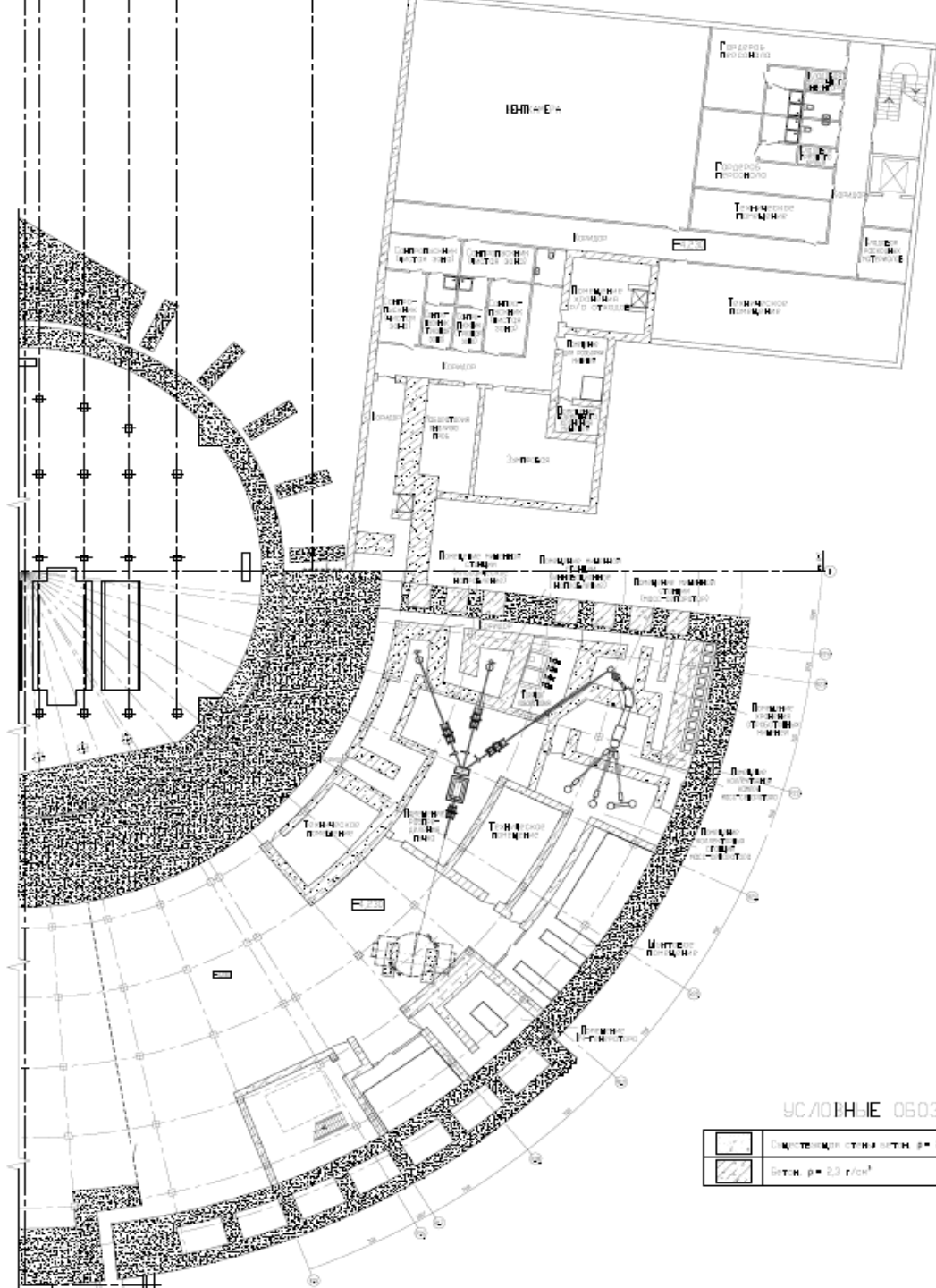
На международном рынке стоимость  
**0.06 Кюри  $^{82}\text{Sr}$  - 14.700\$**

На циклотроне при токе протонов 100 мкА  
за 10 дней облучения после выдержки и выделения  
можем получить 4 Кюри  $\text{Sr-82}$  - 980 000\$

Стоимость работы циклотрона ~ 15 000 руб/час  
(500\$/h) – за 10 дней 120 000\$  
4 источника в год - 3 440 000 \$

## Потенциальные потребители

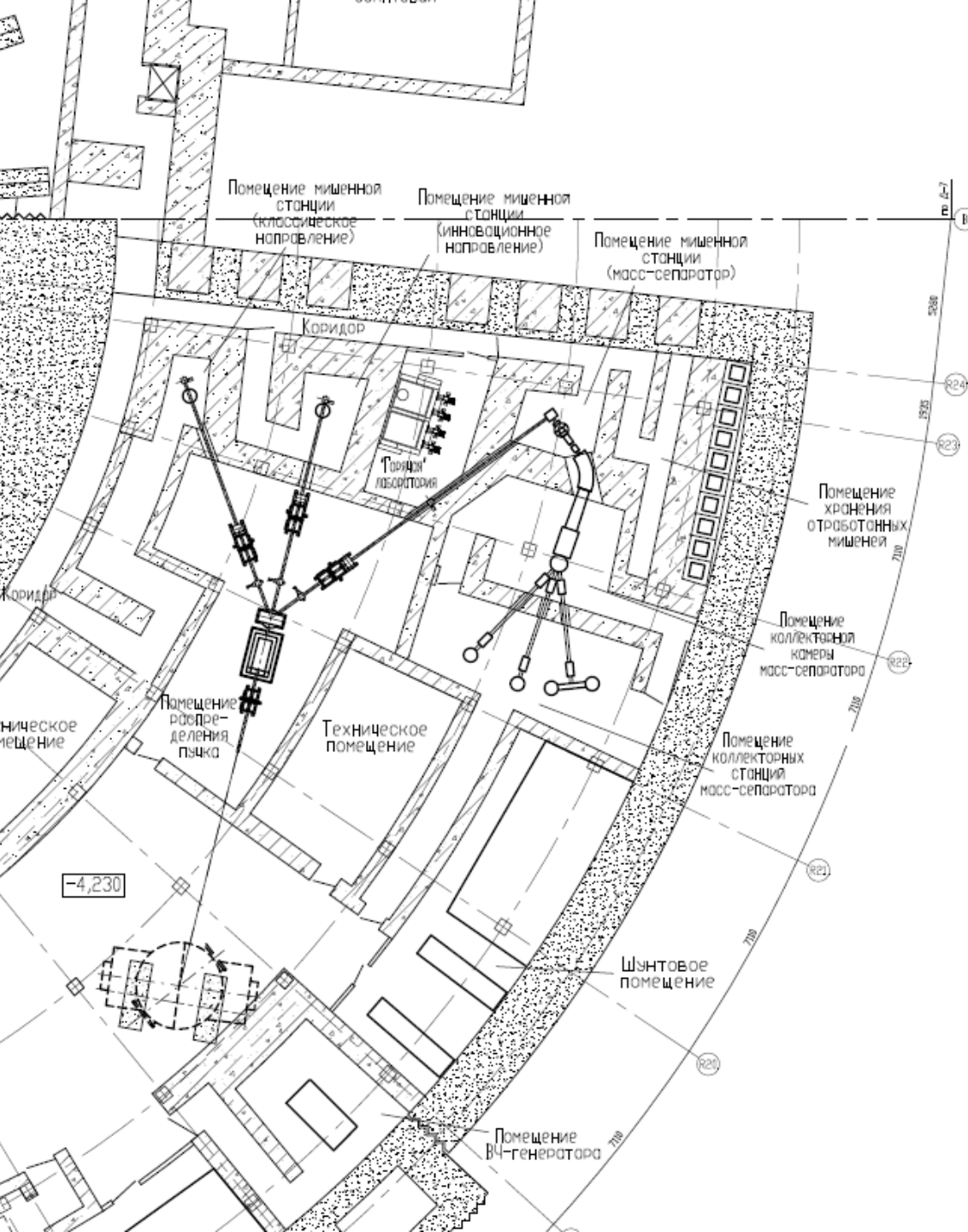
Медицинские центры Северо-западного региона - в настоящее время уже получена заявка на поставку стронция-82 на тесты Sr/Rb генератора в РНЦ РХТ. Планируются поставки радионуклидов и радиофармпрепаратов в другие регионы Российской Федерации и продажа за границу,



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

	Самонесущая стена с тн. р = 23 г/см <sup>3</sup>
	Стн. р = 23 г/см <sup>3</sup>

Л.Т. 1.01.01	И.С. 1.01.01
Л.Т. 1.01.02	И.С. 1.01.02
Л.Т. 1.01.03	И.С. 1.01.03
Л.Т. 1.01.04	И.С. 1.01.04
Л.Т. 1.01.05	И.С. 1.01.05
Л.Т. 1.01.06	И.С. 1.01.06
Л.Т. 1.01.07	И.С. 1.01.07
Л.Т. 1.01.08	И.С. 1.01.08
Л.Т. 1.01.09	И.С. 1.01.09
Л.Т. 1.01.10	И.С. 1.01.10



Разрабатываемый проект радиоизотопного комплекса включает в себя три мишенные станции для производства наиболее используемых в настоящее время радионуклидов. Система автоматической транспортировки обеспечивает перемещение облученных мишеней в горячие камеры, где происходит выделение получаемых радиоизотопов и приготовление соответствующих радиофармпрепаратов. Энергия выведенного протонного пучка 40-80 МэВ и интенсивность до 200 мкА обеспечивает самые широкие возможности в получении медицинских радионуклидов и радиофармпрепаратов для диагностики и терапии, которых до настоящего времени не было на других Российских установках. По своим параметрам и возможностям РИЦ-80 будет соответствовать самым лучшим зарубежным аналогам. По возможности получения сверхчистых радионуклидов данная установка не будет иметь мировых аналогов.

## Мишенные станции изотопного комплекса РИЦ-80 для получения медицинских радионуклидов и радиофармпрепаратов.

Станция №1: Инновационное направление - масс-сепаратор.

Адаптация разработанных мишенных технологий для получения разделенных радионуклидов высокой чистоты  
Разработка ПИЯФ.

Станция №2: Инновационное направление – сухое выделение. Высокотемпературное выделение радионуклидов из облученных мишенных веществ.

Используются оригинальные разработки по выделению радиоизотопов на установке ИРИС, ПИЯФ.

Станция №3: Классическое направление – производство радионуклидов, мокрая радиохимия, полуавтоматизированный или полностью автоматизированный синтез РФП.

Приобретение готовой технологии. Поставщик - Von Gahlen, MicroSpin GmbH



## Радионуклиды, планируемые к получению на РИЦ-80

Радионуклид	T1/2	Мишень	Время облуч. (ч)	Активность в мишени (Ки)	использование
Ge-68 пэт калибр.	270.8 d	Ga	240	2	калибровка ПЭТ сканеров, диагностика заболеваний нейроэндокринной системы
Sr- 82 пэт	25.55 d	Rb, Y	240	10	диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы
Rb-81/Kr-81 офэт	4.6 h	Y	12	2	диагностика вентиляции легких
Mo-99 офэт+тер	2.74 d	Mo	240	7.3	диагностика и терапия различных видов опухолей
In-111 офэт	2.8 d	Cd	25	24.7	Диагностика воспалительных процессов и злокачественных образований
I-123 офэт	13.27 h	Te	5	10.4	диагностика щитовидной железы, локализация опухолей (нейробластома и феохромоцитома)
I-124 офэт	4.17 d	Te	25	9.3	диагностика щитовидной железы , локализация опухолей, терапия
Tb-149 α-тер	4.1 h	Gd	12	3.5	терапия злокачественных образований на клеточном уровне
Ra-223, 224 α-тер	11.4 d	Th	240	7.3	терапия злокачественных образований
F-18	1.83 h	H <sub>2</sub> O	1	7	диагностика и терапия различных видов опухолей

**Кроме указанных в таблице радионуклидов, планируется создание линии для выделения Re-188, получаемого на реакторе.**

## Распределение возможности наработки нуклидов по трем направлениям

	Масс-сепаратор мишень	Сухое выделение мишень	Классическое направление мишень
Sr-82	УС, Nb	Rb, RbCl, УС	Rb
Ge-68	-	Ga	Ga
Mo -99	Mo	-	-
Rb-81/Kr-81	УС, Nb	УС	-
In-111	Sn	Cd	Cd
I-123	Te	-	Xe
I-124	Te	Te	
Tb-149	GdC	-	-
Ra-223, 224	ThC	ThC	-
F-18	-	-	H <sub>2</sub> O



## ГОРЯЧИЕ БОКСЫ И ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА

- до 150 мм [6"] свинцового экранирования
- внутреннее исполнение из стали или пластика
- конвейерная система транспорта
- транспортная система для контейнеров с мишенных станций
- НЕРА фильтры и фильтры-поглотители из активированного угля



MICRO SPIN MRT GMBH

SYNTHRA GMBH

ПК ФОН БЕРИНГ

Подготовка проекта и выбор оптимального решения

Согласование проекта: проработка технологического процесса, согласование единого проектного решения

Строительство и оснащение объекта

Запуск оборудования и обучение

### **Проект РИЦ 80**

Проектирование и производство применительно к условиям заказчика: карусель на 6 мишеней, жидкостные и твердотельные мишени, единая транспортная система, горячие боксы, установки автоматизированного синтеза РФП, горячие боксы для мокрой радиохимии, стерилизации и розлива РФП, лаборатория контроля качества РФП  
GMP технологии производства РФП

## Перечень и стоимость оборудования р/х станции на радиоизотопном комплексе РИЦ-80 (первый этап)

1. Мишенная станция, Sr-82 мишень для металлического рубидия, включая автоматизированную смену мишеней и транспортировку облученной мишени на транспортную линию
1. 4-секционный вертикальный сменщик мишеней, рассчитанный на работу с четырьмя мишенями, оснащенный системой охлаждения на 10 kW, с встроенным водяным охлаждением и отдельным гелиевым охлаждением
1. Оборудование для Sr-82/Rb-82 мокрой радиохимии, автоматизированная подготовка мишеней, работа с мишенями и выделение Sr-82
1. Два защитных горячих бокса с манипуляторами для размещения в зале мишеней, спроектированных для производства Sr-82 и Ge-68 и работы с инновационными мишенями
1. Транспортная линия от мишенных станций к защитным горячим боксам
6. Техническая документация, запуск и обучение

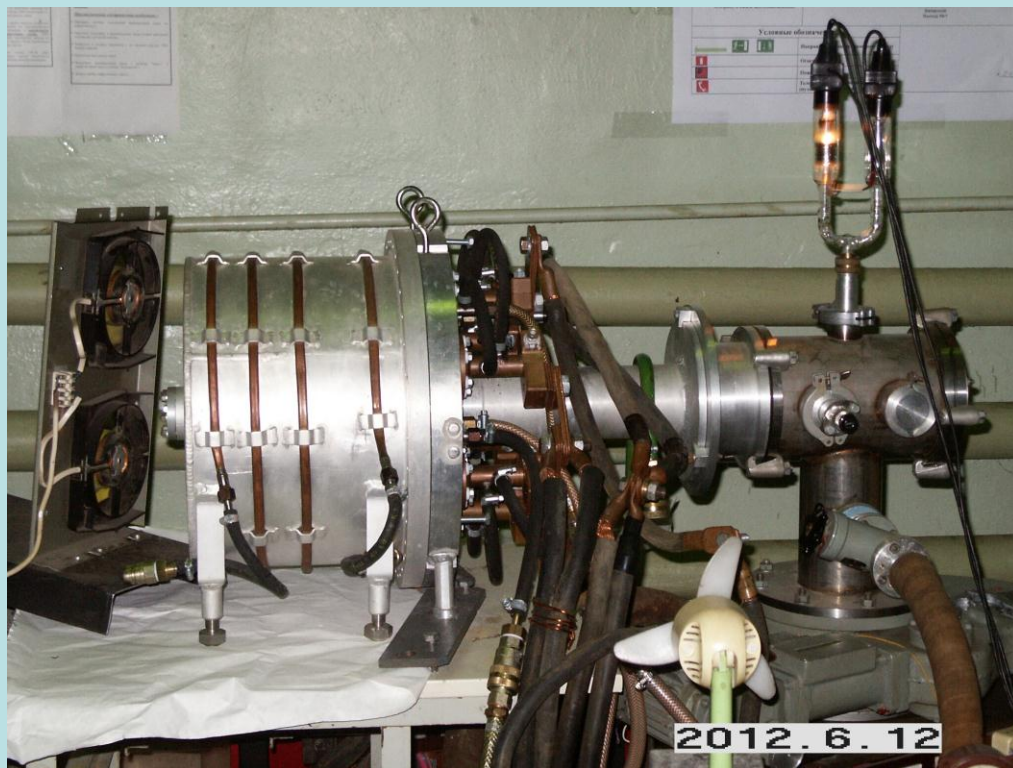
Общая стоимость без учета таможенной пошлины и НДС составит **3.420.000** Евро.  
Общая стоимость с учетом доставки, таможни, страховки уточняется.

R@D по проекту РИЦ-80

Выделение стронция



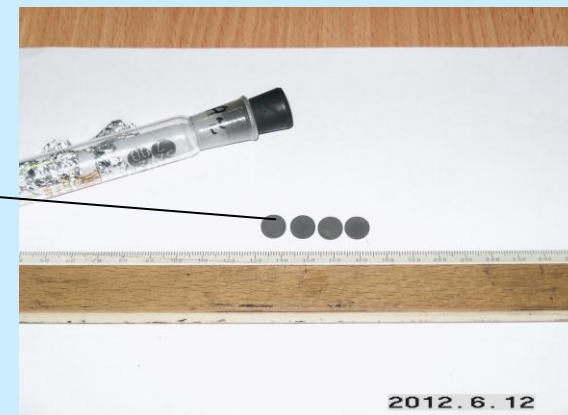
## Высоковакуумный стенд и высокотемпературное мишенное устройство для тестирования новых мишенных веществ



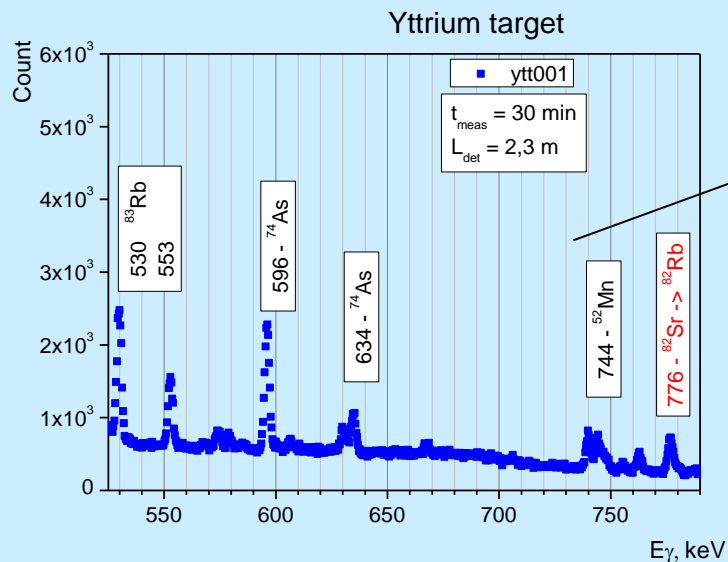
Температура мишенного вещества:  
до 2700 °С  
Выделяемая на мишени мощность:  
более 4 кВт

Исследовались мишенные вещества для установок РИЦ-80 и ИРИНА, изготовленные по нашему заказу в НПО "ЛУЧ" : **обогащенный  $^{100}\text{Mo}$ , карбонитрид  $^{238}\text{U}$ , карбид циркония, дикарбид иттрия, а также фольги ниобия и порошок  $\text{RbCl}$ .**

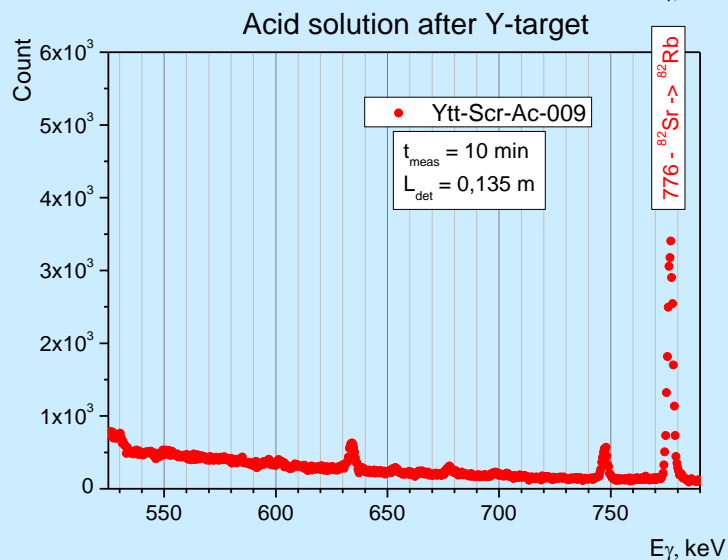
# Выделение радионуклидов из облученных дисков дикарбида иттрия, приготовленных методом высокотемпературного спекания



Диски дикарбида иттрия  
Тпл = 2000 °С.  
Производство НПО "ЛУЧ"



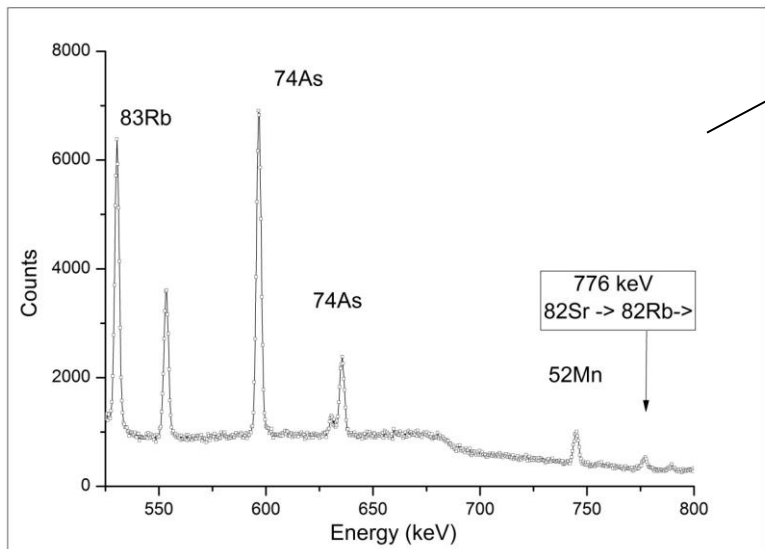
Гамма-спектр облученной мишени дикарбида иттрия



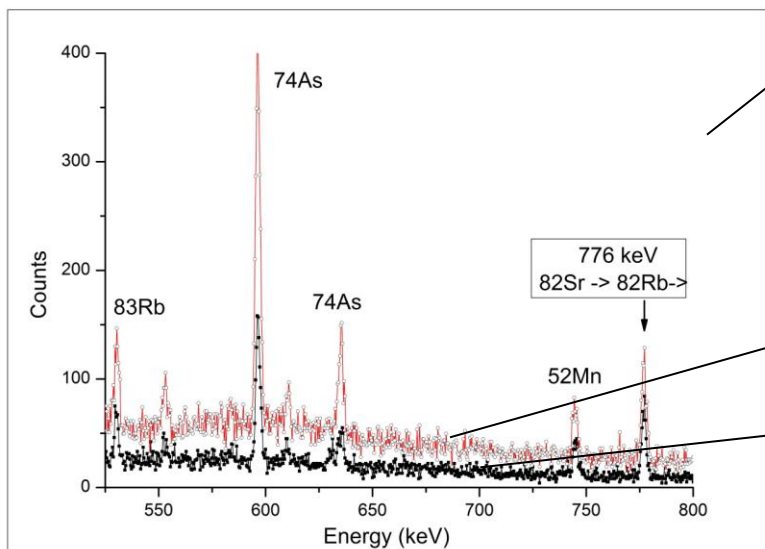
Гамма спектр выделенного из мишени  $^{82}\text{Sr}$  для испытаний Sr/Rb генератора в РНЦ РХТ

19 декабря специально приготовленный хлорид стронция передан в РНЦ РХТ для тестов Sr/Rb генератора. В настоящее время проводится тест генератора, заряженным стронцием-82, полученным в ПИЯФ

# Выделение радионуклидов из облученного порошка RbCl радиохимическим методом и методом испарения мишенного вещества



Облученный порошок RbCl.  
Спектр измерялся на расстоянии  
330 мм (x 6)



Хлорид стронция после выделения  
из облученной мишени.  
Спектр измерялся на расстоянии  
130 мм

Радиохимическое выделение  
(В.К. Капустин),  $\epsilon_r \sim 30\%$

Высокотемпературное выделение  
новый метод ИРИС,  $\epsilon_r \sim 60\%$

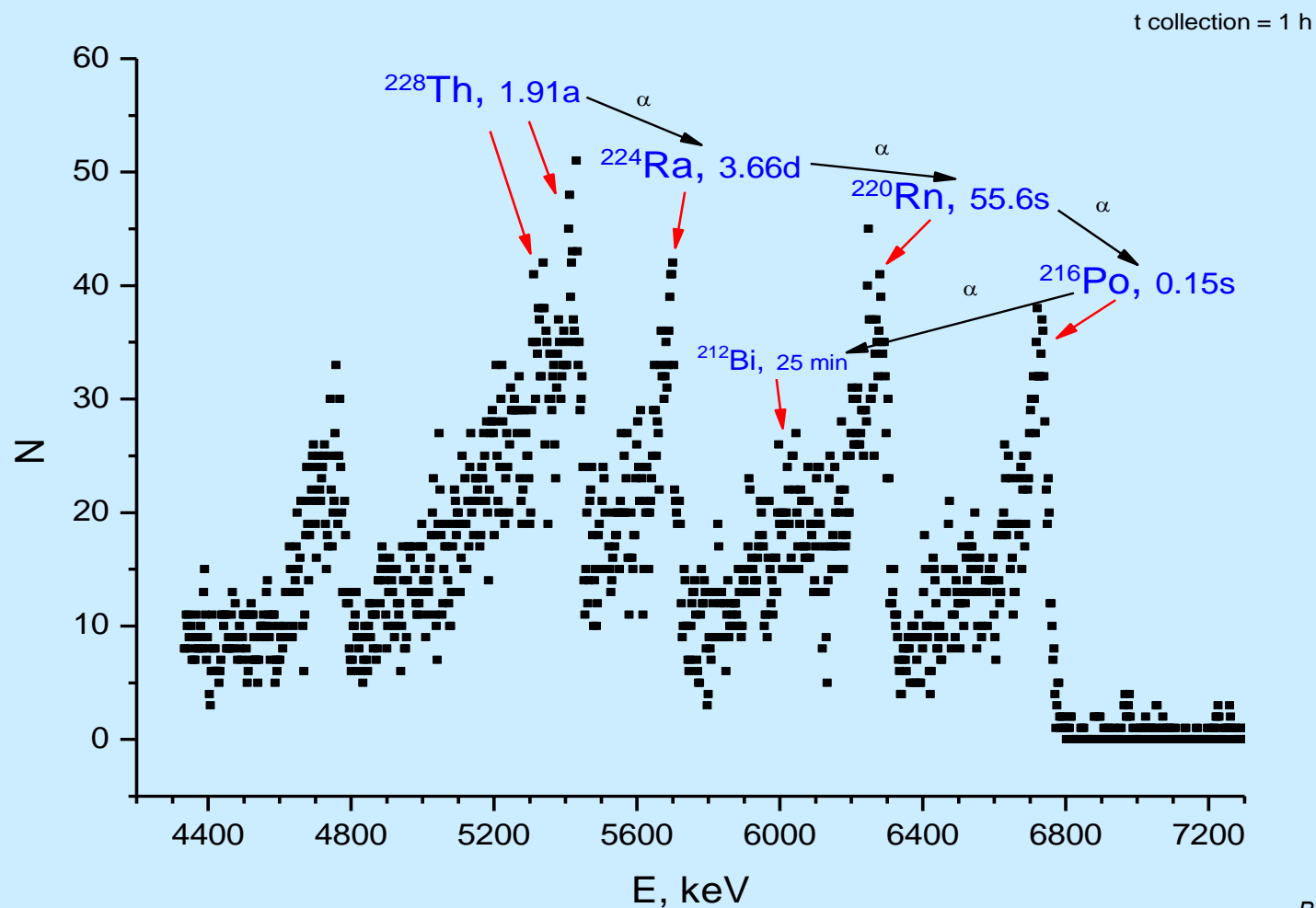


Выделение изотопов радия, распадающихся альфа-распадом,  
из карбида урана-238 высокой плотности

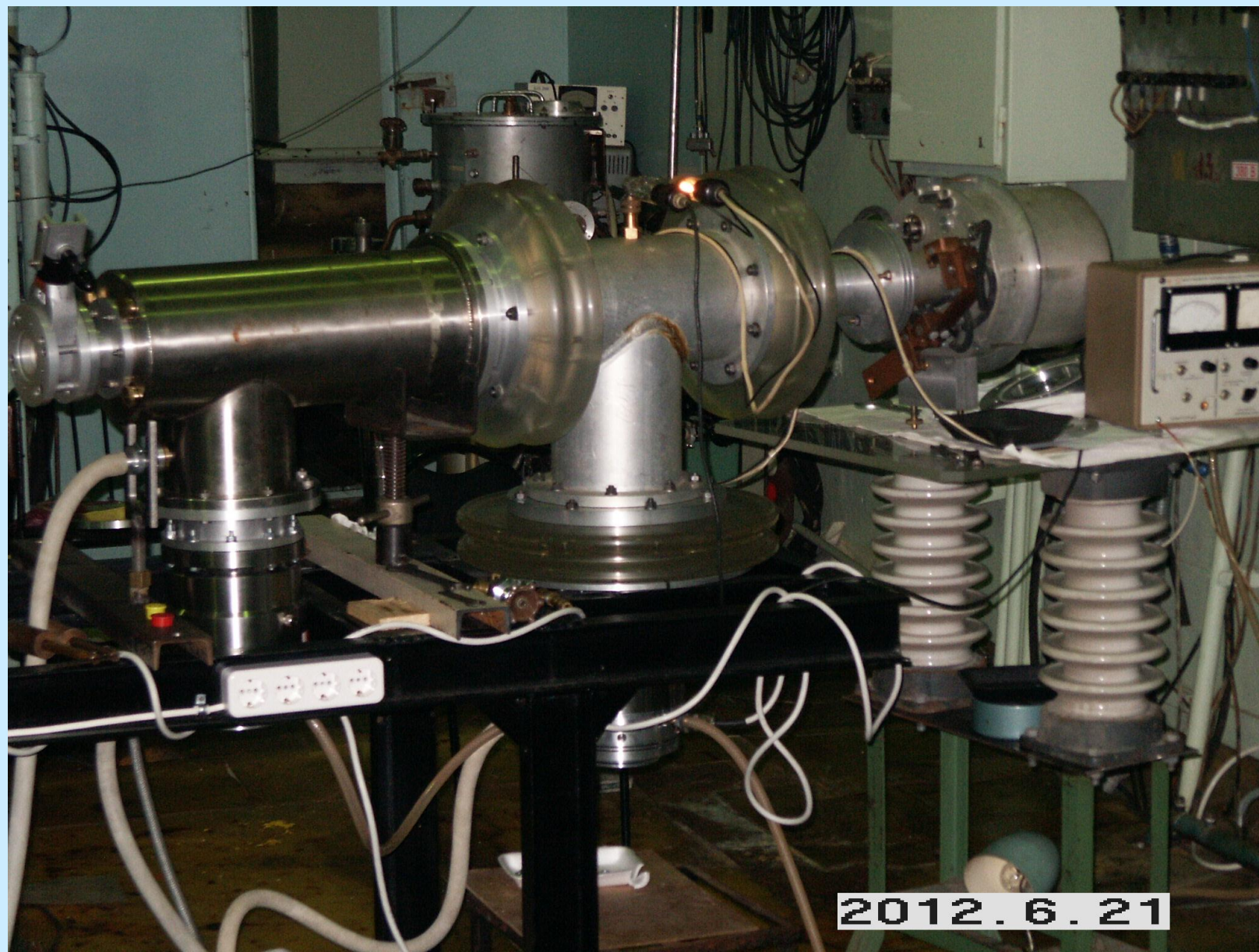
# Альфа спектр изотопов в альфа-распадной цепочке нуклидов

$^{228}\text{Th}$ - $^{224}\text{Ra}$ - $^{220}\text{Rn}$ - $^{216}\text{Po}$ - $^{212}\text{Pb}$ - $^{212}\text{Bi}$ - $^{208}\text{Tl}$ - $^{208}\text{Pb}$

из распада  $^{228}\text{Th}$ , выделенного из UC мишени на танталовый коллектор при  $T \sim 2400^\circ\text{C}$



Мишенно-линзовая часть нового тестового масс-сепаратора  
в экспериментальном зале ИРИС



2012.6.21

## Создание инновационных мишенных станций

1. Разработка прототипа “сухого” мишенного устройства и испытание его на пучке Ц-80 промежуточной интенсивности. Изготовление рабочих мишенных устройств.
2. Разработка прототипа мишенно-ионного устройства масс-сепаратора, испытания его на тестовом масс-сепараторе и на пучке Ц-80 промежуточной интенсивности. Изготовление рабочих мишенных устройств.
3. Строительство масс-сепаратора и его установка в зале РИЦ-80.
4. Приобретение системы автоматического снятия и транспортировки мишенно-ионных устройств масс-сепаратора в хранилище м.-с. мишеней.
5. Разработка и изготовление системы приемников – детекторов нарабатываемой активности
6. Разработка и изготовление системы автоматического извлечения коллекторов с наработанной активностью из вакуумного объема высокотемпературных мишеней и вакуумных камер коллекторов масс-сепаратора.

Общая стоимость составит около **100 млн.руб.**



## Текущее состояние проекта



Магнит циклотрона Ц-80 в экспериментальном зале

Монтаж оборудования циклотрона Ц-80 (пучок протонов энергии 40-80 МэВ, ток до 200  $\mu$ А) будет завершён в 2012-2013 гг.

Первый вывод пучка - первая половина 2013 г.

Выход на интенсивность 10 -20  $\mu$ А - вторая половина 2013г.

Выход на полную интенсивность пучка 100 - 200  $\mu$ А - 2014 г.

В настоящее время имеется полное финансирование на завершение строительства циклотрона и трех протонных трактов к мишеням РИЦ-80.

**РИЦ-80 (Радиоактивные Изотопы на циклотроне Ц-80)**

**Создание проекта - 2012 -2013 г.г;**  
**(профинансировано)**

**Строительство комплекса - 2014 -2016 г.г.**

**Получение небольших количеств (0.1 - 0.2 Ки) генераторного радиоизотопа Sr-82 - конец 2013-начало 2014 г.**

**Финансирование R@D по проекту РИЦ-80: 0 руб**

## Проблемы

Основная проблема это острый дефицит специалистов для практического осуществления проекта РИЦ-80. Для проведения вышеуказанных работ по проекту необходимо привлечение к работе, как минимум, двух радиохимиков, инженера и техника по автоматическим системам и электрическому оборудованию, специалиста по современной вакуумной технике. Необходимо уже сейчас формировать эксплуатационную группу специалистов для их последующего обучения, основной задачей которых будет работа на комплексе. Для привлечения специалистов на подобную тяжелую и сложную работу (работа с радиоактивностью и в радиационных полях) нужны гарантии достаточно высокой зарплаты, а для молодых специалистов еще и обеспечение жильем, или компенсация оплаты жилья при его съеме. Необходимо финансирование текущих работ, обновления работающих установок, а также новых разработок, которые уже сейчас осуществляются на установке ИРИС для их дальнейшего внедрения при осуществлении проекта РИЦ-80. При наличии соответствующих гарантий набор специалистов должен осуществляться уже сейчас.

**При отсутствии указанных специалистов и достаточного текущего финансирования сроки выполнения работ не могут быть выдержаны и под угрозой оказывается само выполнение работы по проекту.**