

Сессия ученого Совета ОФВЭ, 26-29 декабря 2011г.,

*Лаборатория короткоживущих ядер
В. Н. Пантелеев*

Радиоизотопный комплекс РИЦ-80

(Радиоактивные Изотопы на циклотроне Ц-80)

Разработка проекта РИЦ-80_

ЛКЯ

Конц. проект

В.Н. Пантелеев
Ф.В. Мороз
К.А. Мезилев
С.Ю. Орлов
Ю.М. Волков
В.В. Лукашевич
А.Г. Поляков
А.М. Филатова

+

Лаз. установка

А.Е. Барзах
Д.В. Федоров
П.Л. Молканов
В.С. Иванов

+

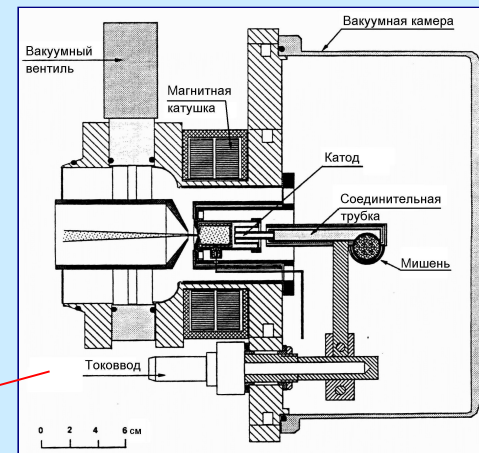
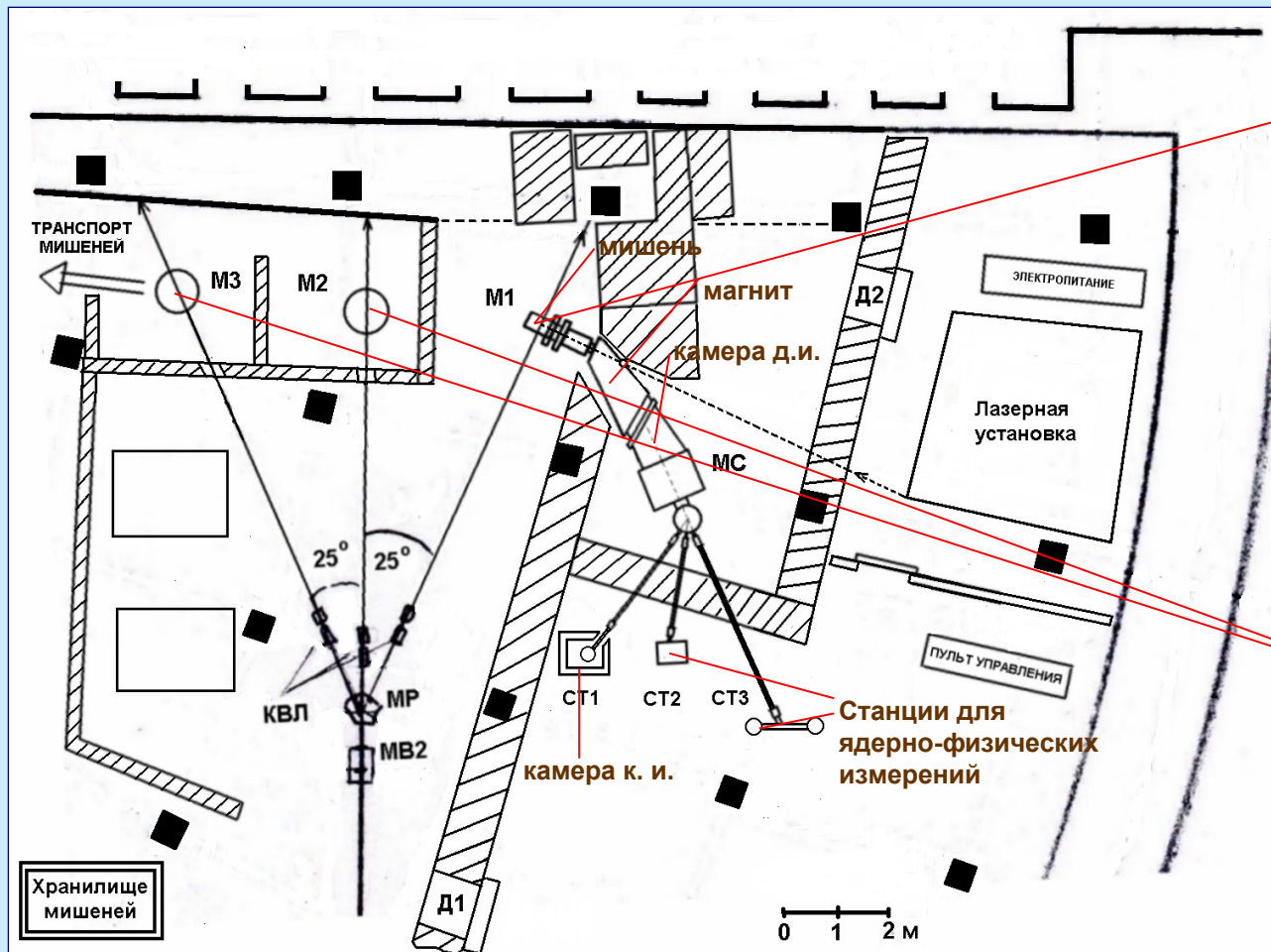
Радиохим. выделение

группа Г. Н. Шапкина

ГЭЯ

Л.Х. Батист

Схема расположения установки РИЦ-80 в подвале экспериментального зала синхротрона



Мишенно-ионное устройство масс-сепаратора

Две радиохимические станции

Установка РИЦ-80 с масс-сепаратором

Схема расположения установки РИЦ-80 в подвале экспериментального зала синхроциклотрона + горячие камеры и помещения для изготовления фармпрепаратов

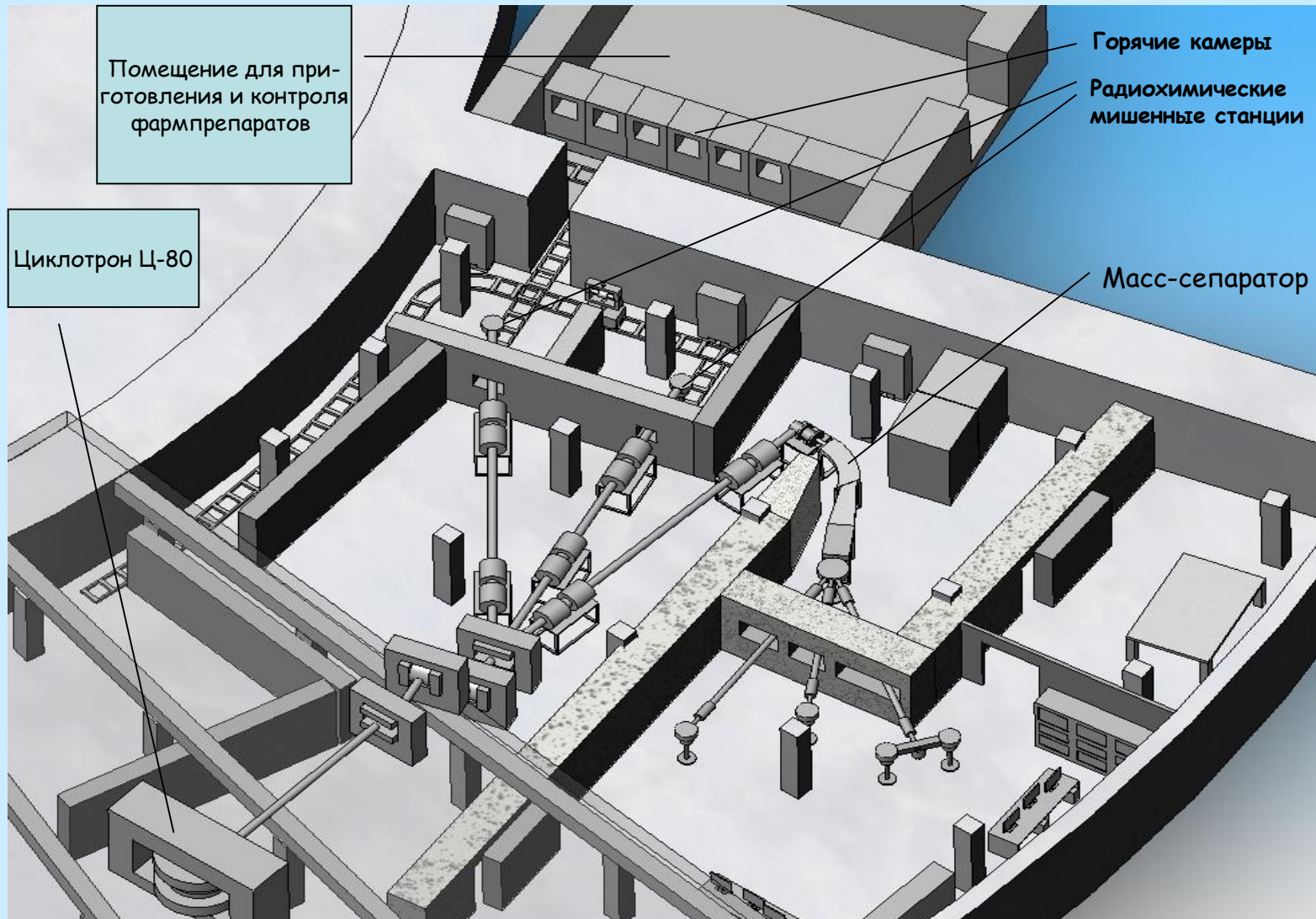


Схема Р/Х производства стронция-82 в ПИЯФ

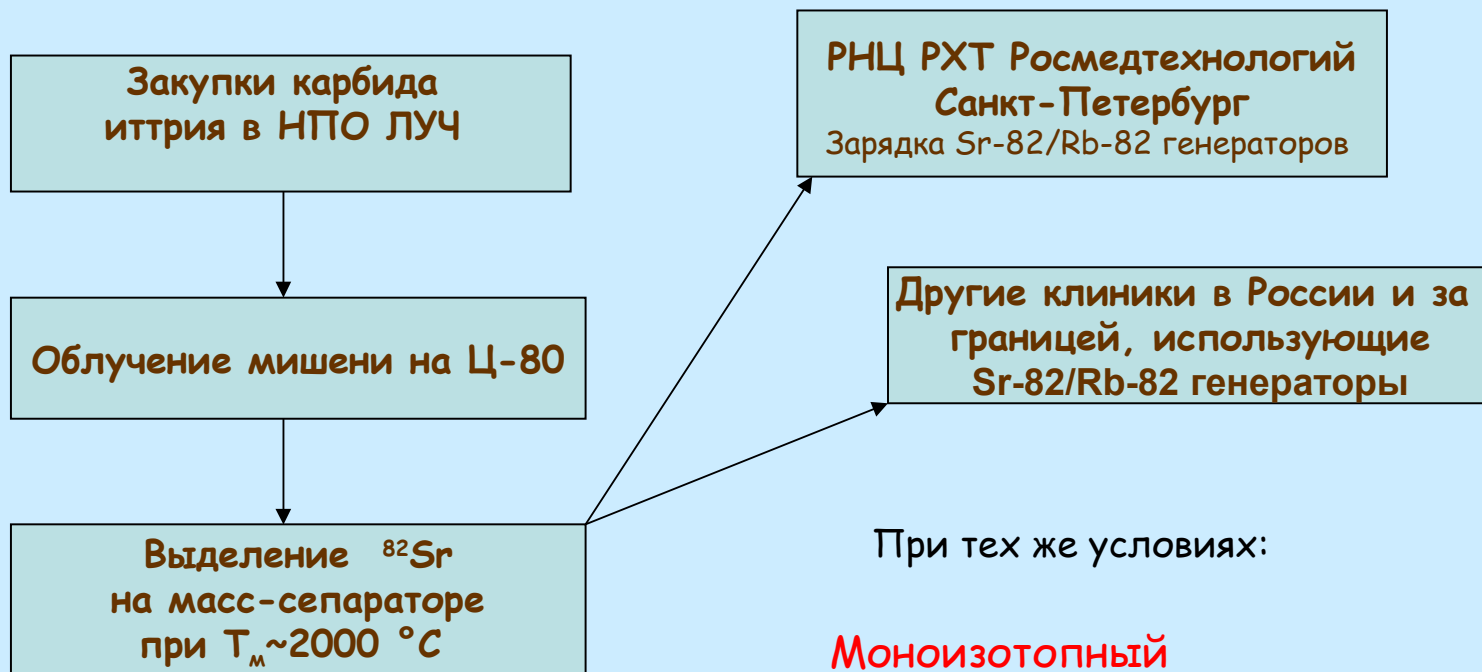


Выделенная активность Sr-82 после 10 суток облучения и двухнедельной выдержки мишени рубидия 4гсм^2 , облучаемой на пучке 100 мкА, ~8 Ки

Справка: 90 мКи ^{82}Sr , заряженного в генератор, используется для диагностики 42 пациентов в течение 2-ух месяцев.

Примесь ^{85}Sr 50 мКи! V. Chudakov et al., abstracts icis7, Moscow 4-8 Sept., p 42.

Схема производства стронция-82 из карбида иттрия с использованием масс-сепараторного метода



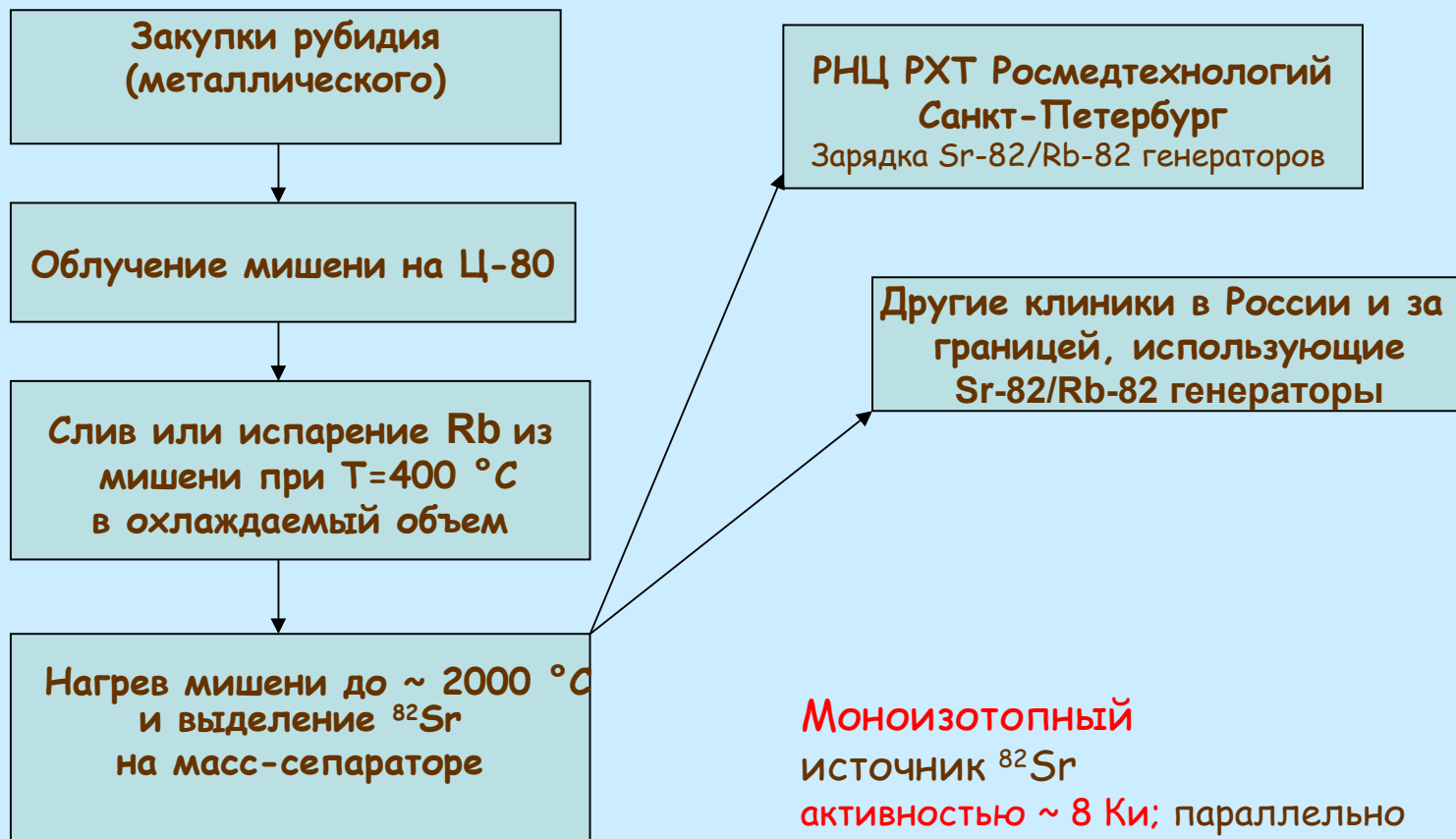
При тех же условиях:

Моноизотопный

источник ^{82}Sr

активностью $\sim 1.3 \text{ Ки}$; параллельно выделяется генераторный изотоп ^{81}Rb

Схема производства стронция-82 из рубидия с использованием масс-сепараторного метода



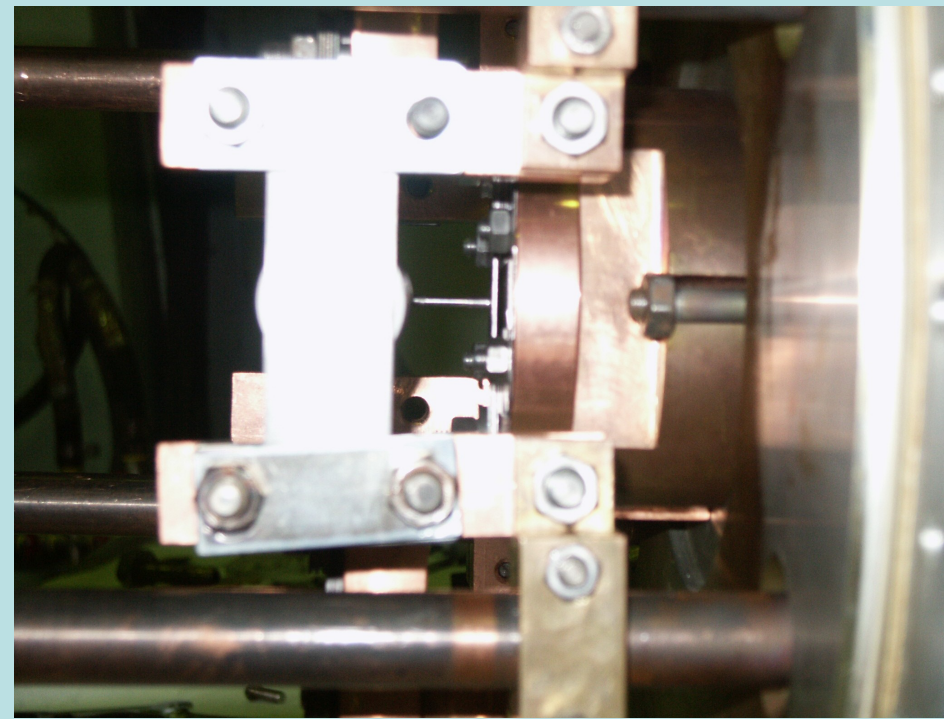
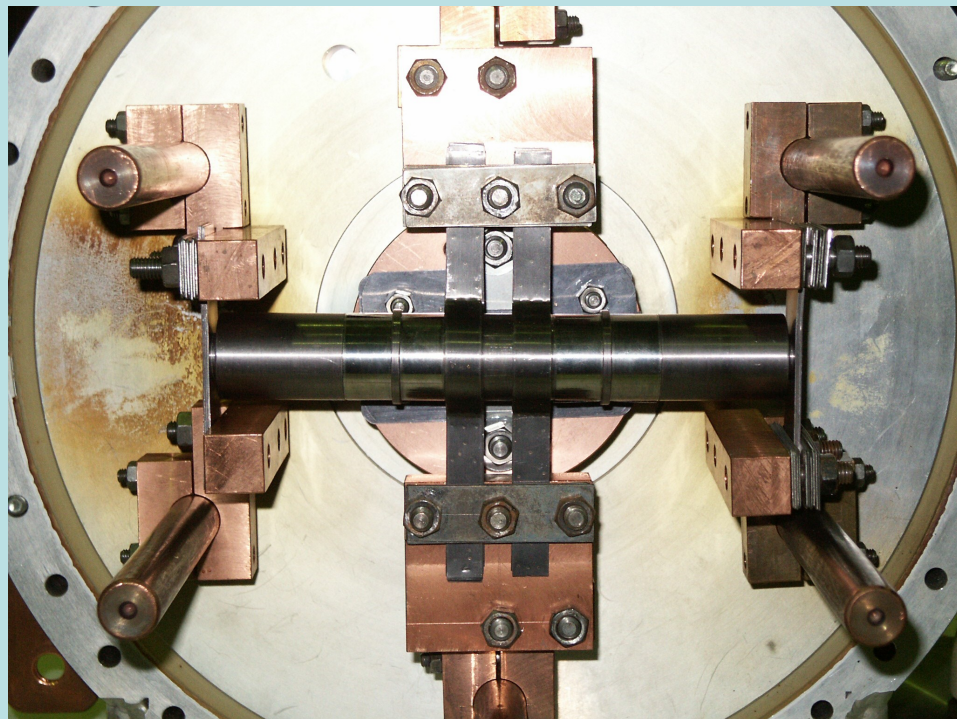
Моноизотопный
источник ^{82}Sr
активностью $\sim 8\text{ Ки}$; параллельно
выделяется генераторный
изотоп ^{81}Rb

**Результаты первых
экспериментов по получению
генераторного изотопа ^{82}Sr и
других медицинских
радионуклидов на
синхроциклотроне ПИЯФ.**

Масс-сепараторная мишень для выделения медицинских радионуклидов

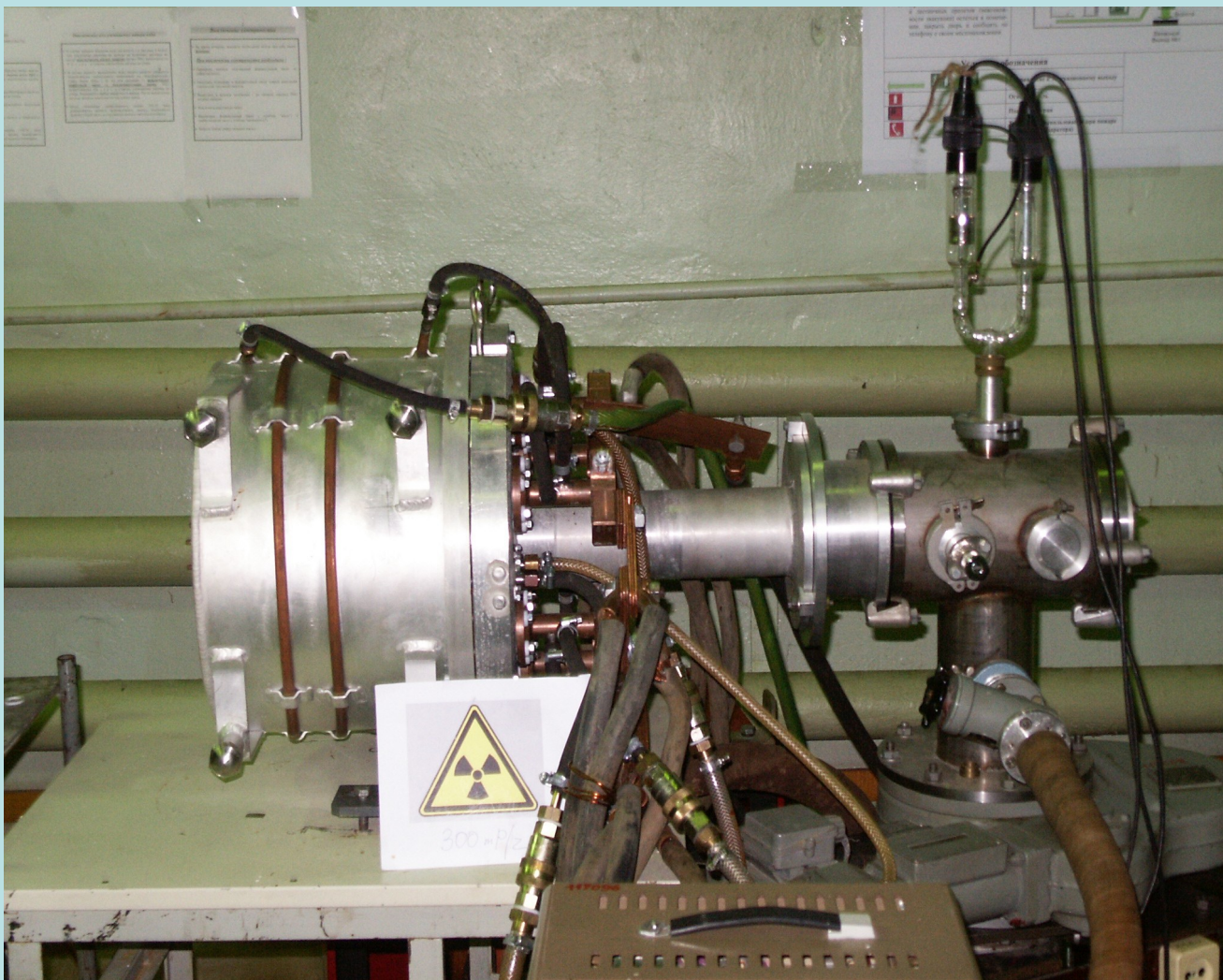
длина мишенного контейнера
диаметр
толщина мишени (ниобиевые фольги)

20 см;
3 см;
16 г/см²



Мощность рассеиваемая на мишени ~ 9 кВт при $T = 2200\text{ }^{\circ}\text{C}$

Высоковакуумный стенд с мишенным устройством для выделения генераторного изотопа ^{82}Sr из облученной мишени из ниобиевых фольг.



Температура мишенного вещества:

до 2500 °С

Выделяемая на мишени мощность:

более 9 кВт

Разработанная конструкция мишенного устройства позволяет выделять радионуклиды из мишенных веществ в виде тугоплавких и жидких металлов, а также тугоплавких металлических карбидов

Танталовая фольга, используемая в качестве коллектора

Танталовая фольга-коллектор с
высаженным источником
 ^{82}Sr



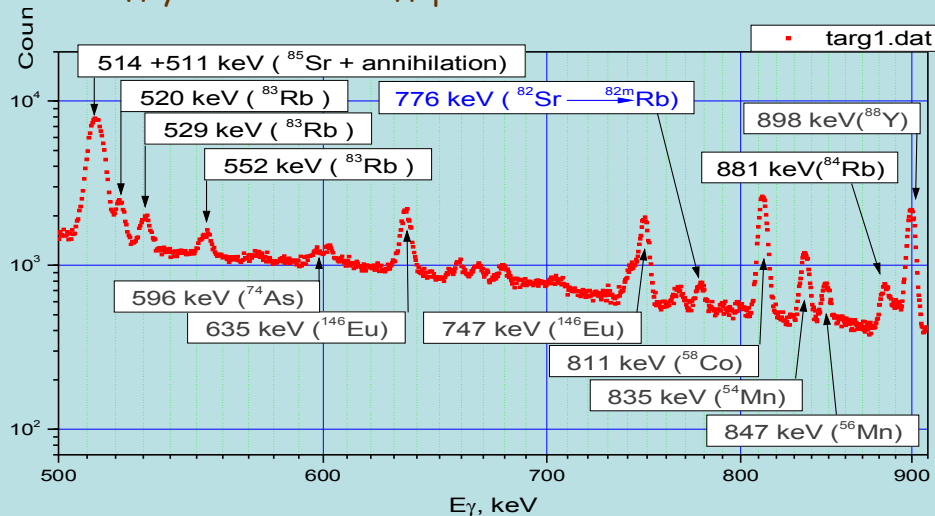
Танталова фольга коллектор после
смыывания высаженного источника
азотной кислотой

На фольги коллекторы высажено **65%**
 ^{82}Sr от накопленного в мишени
за суммарное время около **20-ти** часов
при температуре **1700-2000 °C**.
В мишени осталось **7%** от первоначально
Наработанного количества

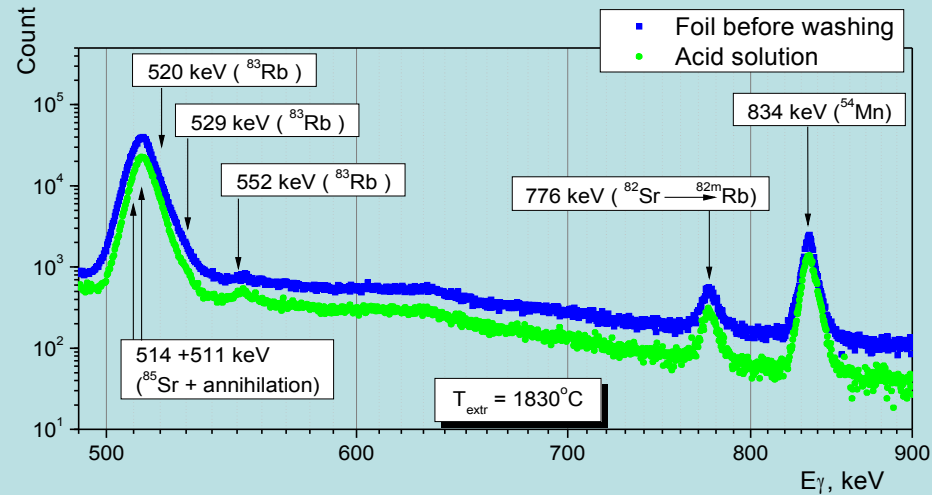
Более **90 %** активности сосредоточено
в пятне диаметром около **5мм**

Фольга-коллектор может нагреваться проходящим через нее током для
очистки получаемого источника от легко-летучих примесей

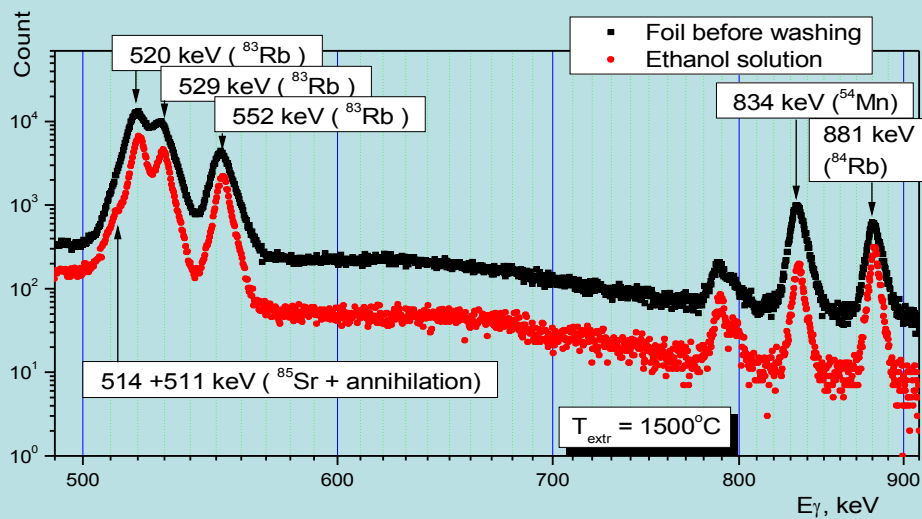
Участок γ -спектра облученной мишени после двухмесячной выдержки



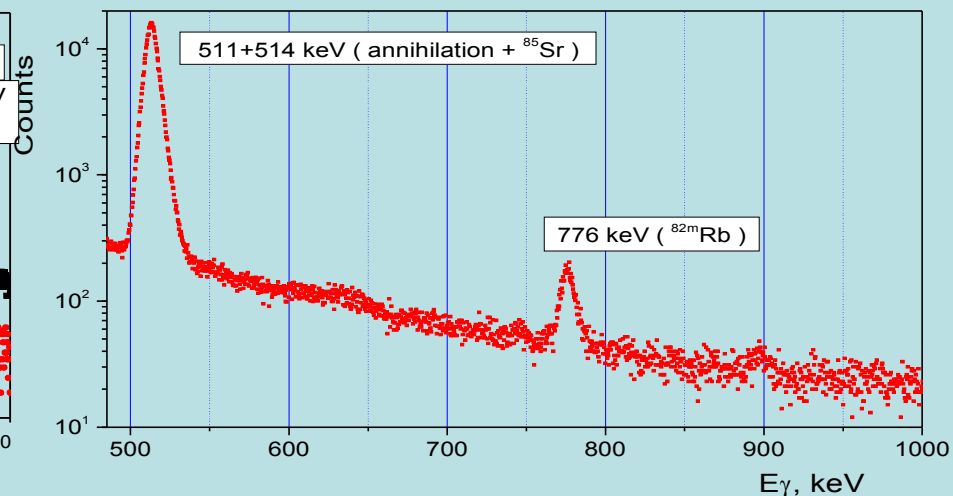
Тот же участок γ -спектра образца высаженного на коллектор при температуре мишени 1800 °C и смывого азотной кислотой



Тот же участок γ -спектра образца высаженного на коллектор при температуре мишени 1500 °C и смывого спиртом



Тот же участок γ -спектра образца высаженного на коллектор при температуре мишени 2000 °C и температуре коллектора около 1000 °C



Процент смывания с коллекторов различных нуклидов спиртом и азотной кислотой

Температура выделения 1500°C

| Foil 3 | | | | |
|------------------|---------|------------|-------------|-------|
| Nuclide | Eg, keV | S (before) | S (ethanol) | % |
| ^{83}Rb | 552 | 146 201 | 37 723 | 25.80 |
| ^{54}Mn | 834 | 30 668 | 3 594 | 11.72 |
| ^{84}Rb | 881 | 18 321 | 5 764 | 31.46 |

Температура выделения 1830°C

| Foil 6 | | | | |
|------------------|-----------|------------|----------|-------|
| Nuclide | Eg, keV | S (before) | S (acid) | % |
| ^{85}Sr | 514,1+511 | 1 069 737 | 627 875 | 58.7% |
| ^{82}Sr | 776.5 | 8 259 | 5 875 | 71.1% |
| ^{54}Mn | 834.85 | 47 544 | 34 463 | 72.5% |

Выделение Тl из облученного свинца

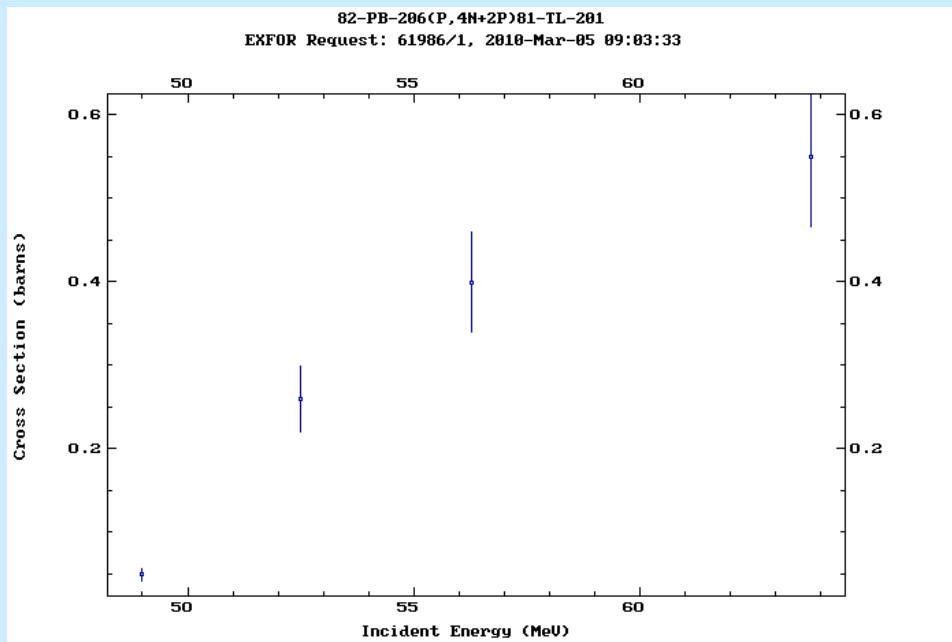
Для ОФЭТ в диагностике заболеваний миокарда используется

^{201}Tl ($T_{1/2}=3.038$ d, $E_{\gamma}=167; 135$ keV)

с близкими выходами получают два соседних изотопа

^{202}Tl ($T_{1/2}=12,23$ d, $E_{\gamma}=439; 520$ keV)

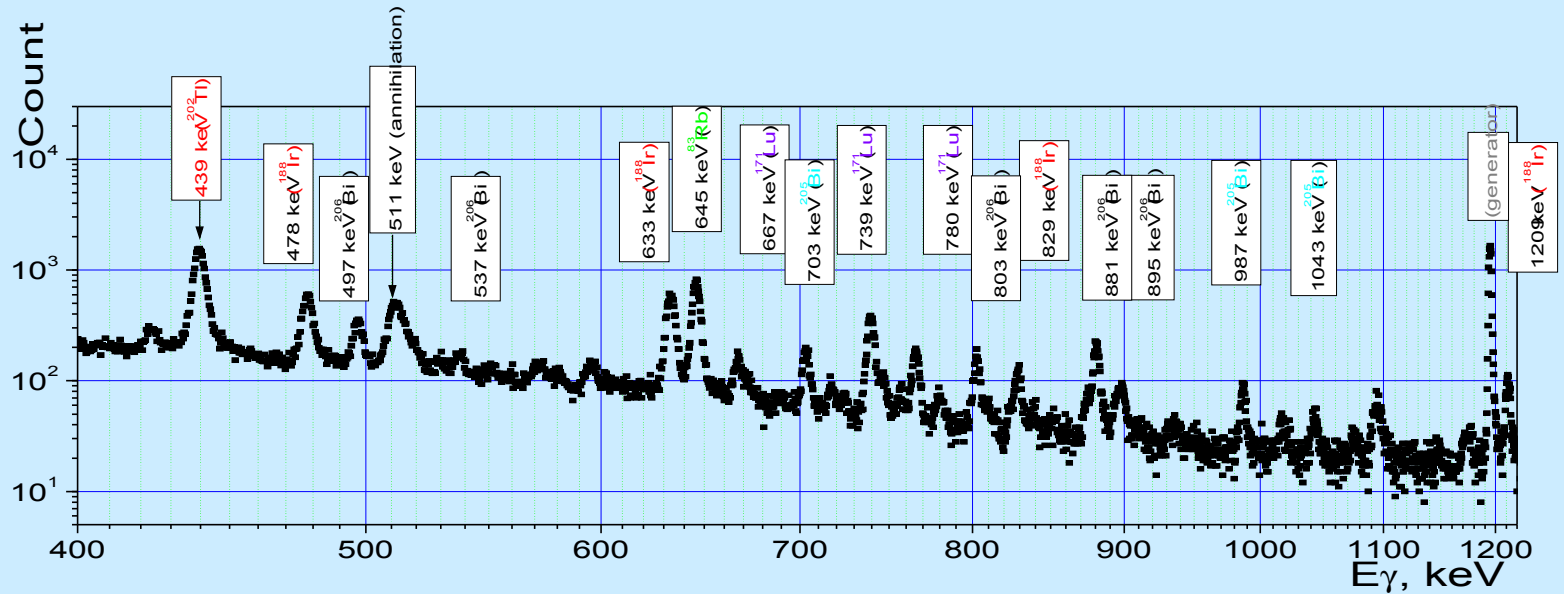
^{200}Tl ($T_{1/2}=1.09$ d, $E_{\gamma}=368; 1206$ keV)



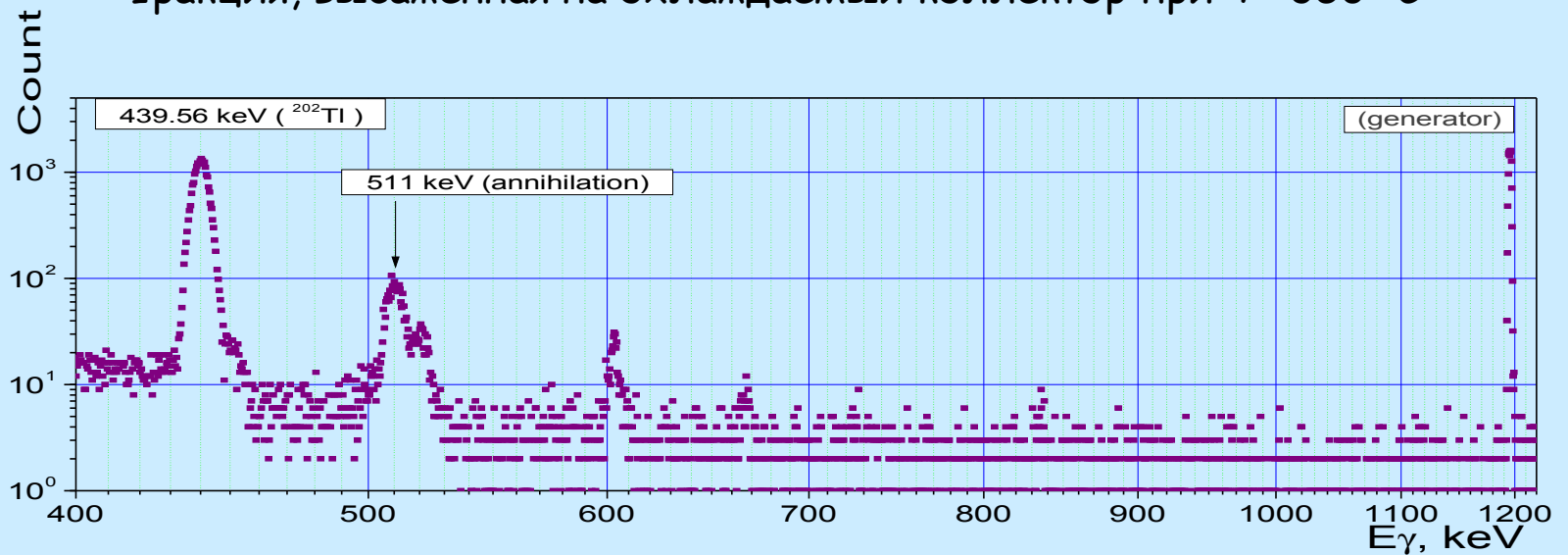
Для выделения ^{201}Tl необходима электромагнитная масс-сепарация

Сечения образования ^{201}Tl из ^{206}Pb (24%)

Спектр облученного свинца:



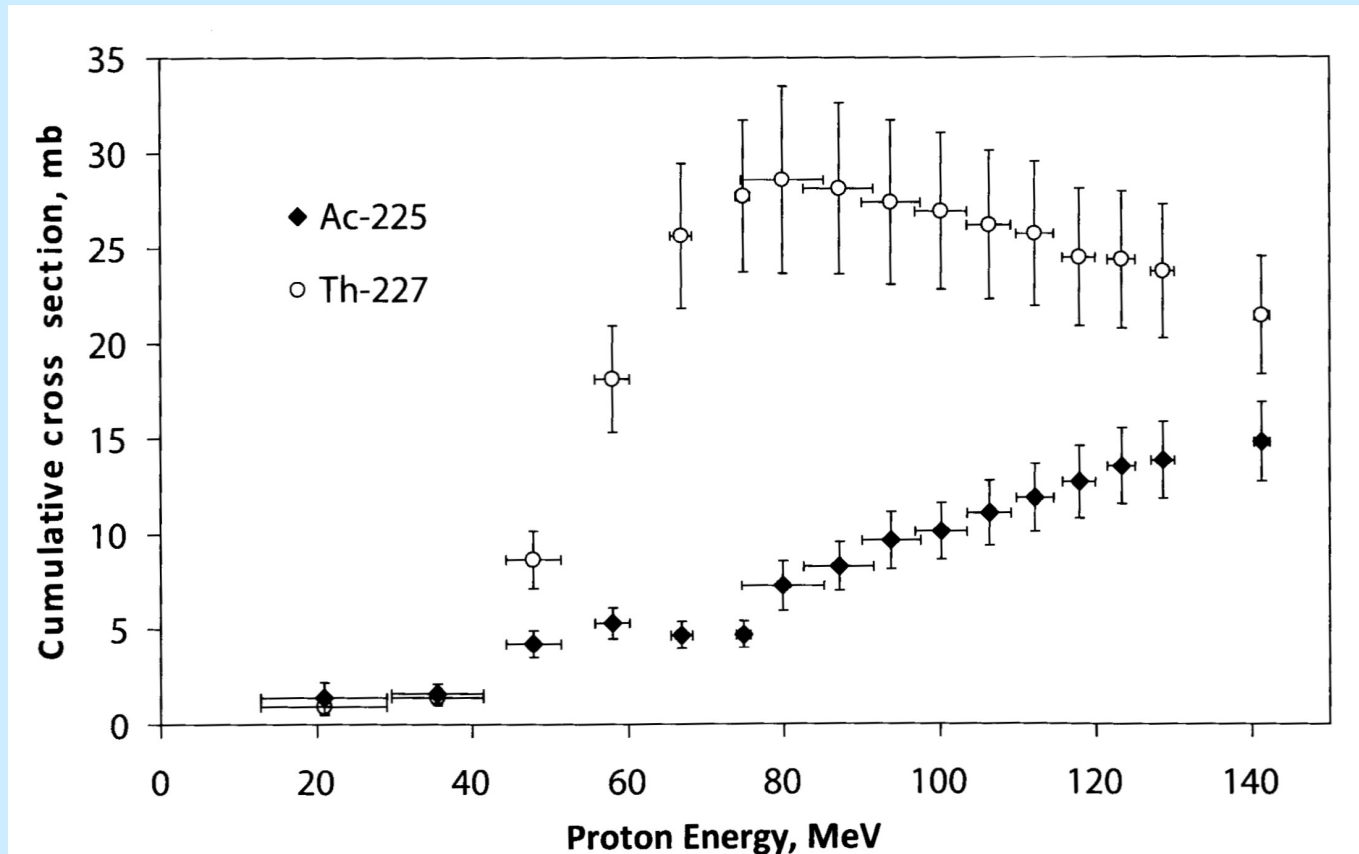
Фракция, высаженная на охлаждаемый коллектор при $T = 350^\circ\text{C}$



Возможность получения альфа - распадного
генераторного изотопа ^{223}Ra

$^{227}\text{Th}(18.7\text{d}) - ^{223}\text{Ra}(11.4\text{d}) - ^{219}\text{Rn}(3.96\text{s}) - ^{215}\text{Po}(1.8\text{ms}) -$
 $^{211}\text{Pb}(36.1\text{min}) - ^{211}\text{Bi}(2.14\text{min}) - ^{207}\text{Tl}(4.77\text{min}) - ^{207}\text{Pb}(\text{стаб})$

Сечение получения ^{225}Ac и ^{227}Th из ториевой мишени (^{232}Th) (*S. Ermolaev, B Zhuikov et al., icis7 abstracts, p 32. 4-8 Sept. Moscow, Russia.*)

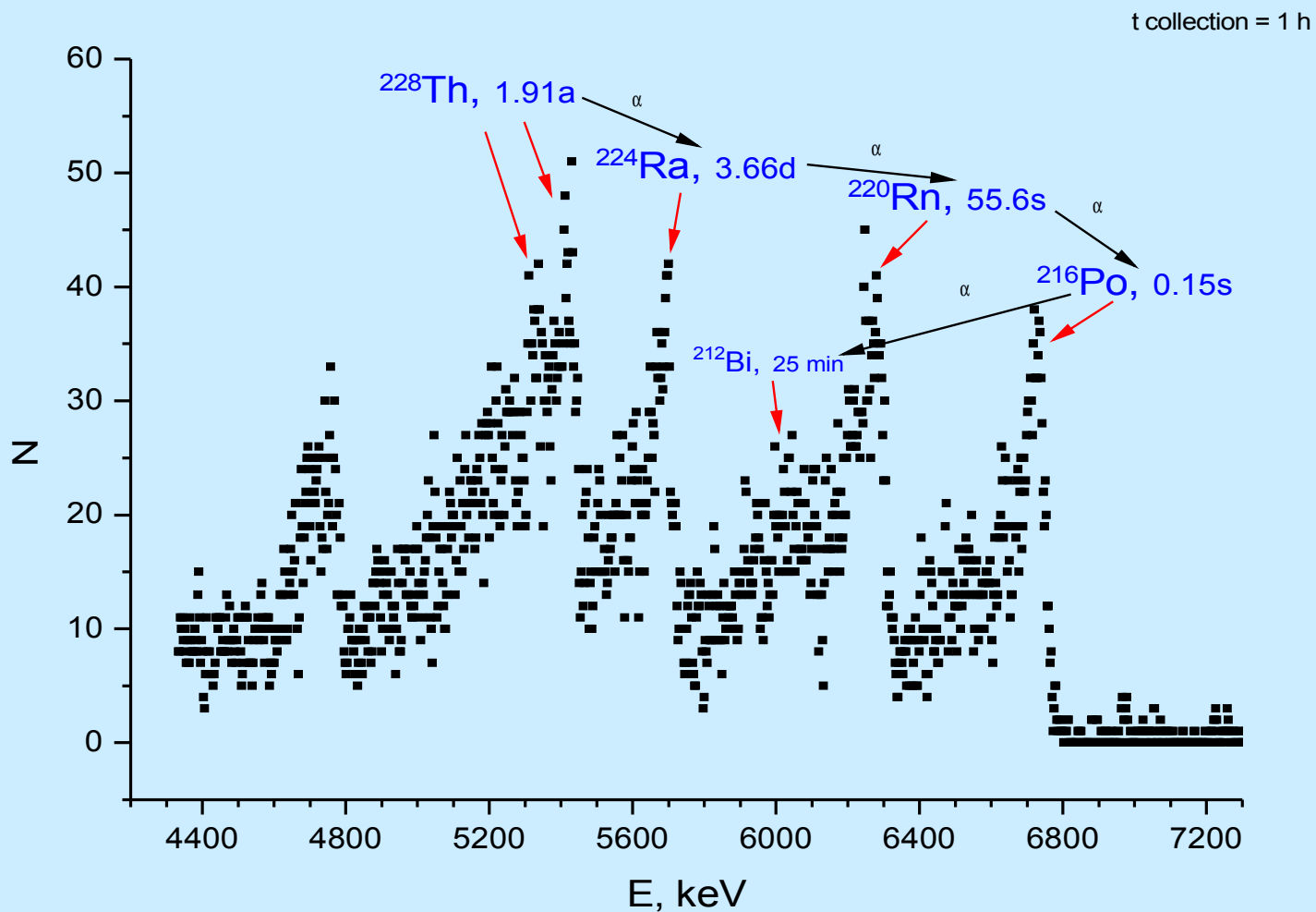


Для разделения $^{223}\text{Ra}(11.4\text{d})$, $^{224}\text{Ra}(3.66\text{d})$, $^{225}\text{Ra}(14.9\text{d})$
необходима электромагнитная масс-сепарация

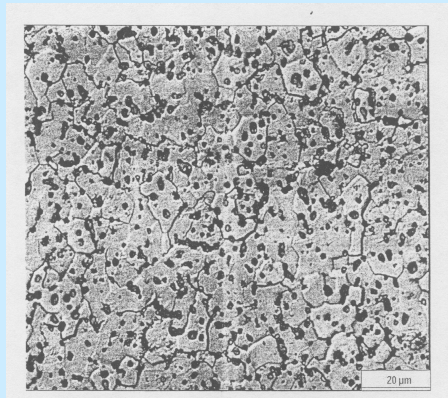
Альфа спектр изотопов в альфа-распадной цепочке нуклидов

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

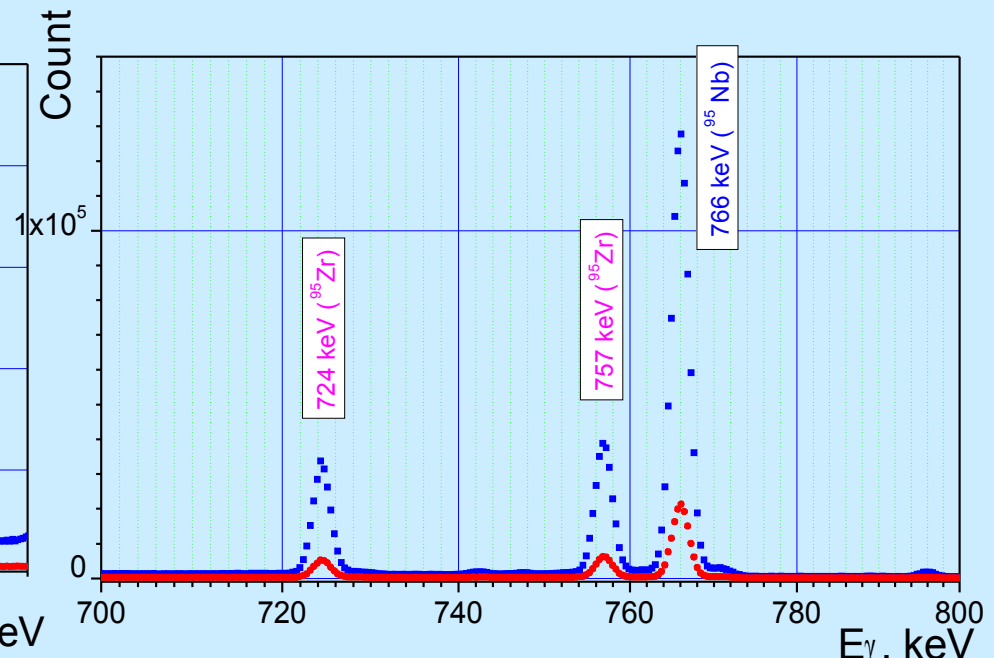
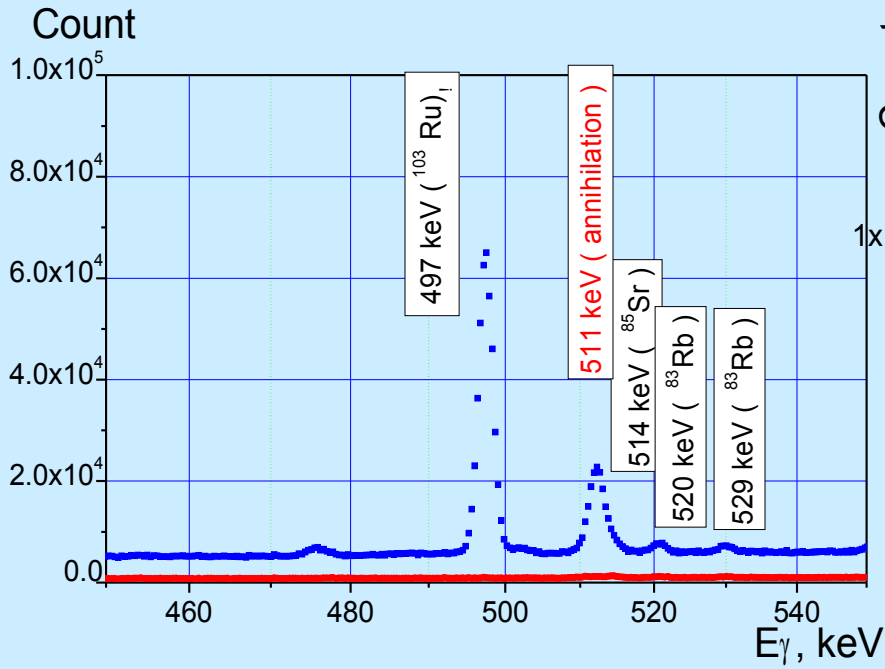
из распада ^{228}Th , выделенного из UC мишени на танталовый коллектор при $T \sim 2400^\circ\text{C}$



Выделение долгоживущих продуктов деления из мишени моно карбида урана высокой плотности при $T \sim 2400 \text{ }^\circ\text{C}$



Исследуемое мишенное вещество ^{238}U имеет физико-химические свойства идентичные ^{235}U , который используется в качестве вещества тепловыделяющего элемента в реакторах на тепловых нейтронах



Другие радионуклиды

Из облученных на протонном пучке мишеней: ниобиевых фольг, **UC** высокой плотности, жидкого **Pb**, соли **RbCl**, жидкой **меди** выделены долгоживущие изотопы более 35-ти элементов от ${}^7\text{Be}$ до ${}^{233}\text{Pa}$ (протактиний)

| | |
|---------------------|---------------------|
| ${}^7\text{Be}$ | ${}^{195}\text{Au}$ |
| ${}^{46}\text{Sc}$ | ${}^{202}\text{Tl}$ |
| ${}^{51}\text{Cr}$ | ${}^{206}\text{Bi}$ |
| ${}^{54}\text{Mn}$ | ${}^{228}\text{Th}$ |
| ${}^{56}\text{Co}$ | ${}^{233}\text{Pa}$ |
| ${}^{59}\text{Fe}$ | |
| ${}^{65}\text{Zn}$ | |
| ${}^{74}\text{As}$ | |
| ${}^{75}\text{Se}$ | |
| ${}^{83}\text{Rb}$ | |
| ${}^{82}\text{Sr}$ | |
| ${}^{85}\text{Sr}$ | |
| ${}^{88}\text{Y}$ | |
| ${}^{91}\text{Nb}$ | |
| ${}^{95}\text{Zr}$ | |
| ${}^{102}\text{Rh}$ | |
| ${}^{103}\text{Ru}$ | |
| ${}^{110}\text{Ag}$ | |
| ${}^{115}\text{Cd}$ | |
| ${}^{117}\text{Sn}$ | |
| ${}^{121}\text{Te}$ | |
| ${}^{125}\text{Sb}$ | |
| ${}^{127}\text{Xe}$ | |
| ${}^{136}\text{Cs}$ | |
| ${}^{140}\text{Ba}$ | |
| ${}^{141}\text{Ce}$ | |
| ${}^{144}\text{Pm}$ | |
| ${}^{148}\text{Eu}$ | |
| ${}^{171}\text{Lu}$ | |
| ${}^{175}\text{Hf}$ | |
| ${}^{185}\text{Os}$ | |
| ${}^{188}\text{Pt}$ | |
| ${}^{188}\text{Ir}$ | |

Предложена и экспериментально осуществлена принципиально новая возможность выделения изотопов труднолетучих элементов из легкоплавких мишеней

Контракт №494-300-1/2011 с НПО ЛУЧ (РОСАТОМ). В 2011 г. - ПИЯФ получил 2 млн. руб. Деньги пошли на оплату работы ускорителя, надбавки сотрудникам ИРИСа и ускорительного отдела, на материалы и командировки. _

Разработана технология высокоплотных мишеней из монокарбида урана.
Разработана технология более высокотемпературной по сравнению с монокарбидом урана мишенной композиции на основе уран-циркониевого карбонитрида с температурой плавления около 2900 °С.

Изготовлены для испытаний на протонном генераторе две партии высокоплотных мишеней из монокарбида урана (общее количество мишеней 56 шт.) и одна партия мишеней из уран-циркониевого карбонитрида количеством 37 штук.

Испытания показали эффективность генерации изотопов из предлагаемых мишенных композиций на протонном ускорителе в ПИЯФ.

Контракт на 2012 г с НПО ЛУЧ (РОСАТОМ). Планируется в ПИЯФ 4.7 млн. руб._

1. Разработка технологии повышения эффективности эмиссии изотопов из UC и U,Zr(C,N) и ThC с введением нано добавок.
2. Разработка конструкции и технологии мишеней из изотопа ^{100}Mo для генерации ^{99}Mo (^{99}Tc) для демонстрации эффективности генерации изотопов.
3. Разработка конструкции и технологии мишеней на основе изотопов ^{93}Nb , ^{85}Rb , ^{89}Y для получения генераторного изотопа ^{82}Sr для диагностики кардио заболеваний.
4. Разработка расчетно-экспериментальной модели процессов выхода изотопов из мишени.
5. Испытания мишенных сборок из UC и U,Zr(C,N) и ThC с нано добавками и мишеней на основе ^{100}Mo на протонном ускорителе и определение оптимальных условий наработки изотопов.

Проблемы и пожелания.

Основная проблема это острый дефицит специалистов для практического осуществления новых проектов. Для проведения работ по проектам РИЦ-80 и ИРИНА, подготовки и испытаний соответствующих мишенно-ионных устройств, проверки методов выделения производимых радионуклидов из новых разрабатываемых мишеней, разработки методов приготовления фармпрепаратов необходимо, как минимум, привлечение в лабораторию двух радиохимиков, инженера и техника по автоматическим системам и электрическому оборудованию, специалиста по современной вакуумной технике. Для привлечения специалистов на подобную тяжелую и сложную работу 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 новых проектов РИЦ-80 и ИРИНА.

При отсутствии указанных специалистов и достаточного текущего финансирования сроки выполнения работ не могут быть выдержаны и под угрозой оказывается само выполнение новых проектов.