

РАДИОИЗОТОПНЫЙ КОМПЛЕКС РИЦ-80. НОВЫЕ
МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ИЗОТОПА
Sr-82 и радионуклидов для терапии Cu -64,67

Радиоизотопный комплекс РИЦ-80

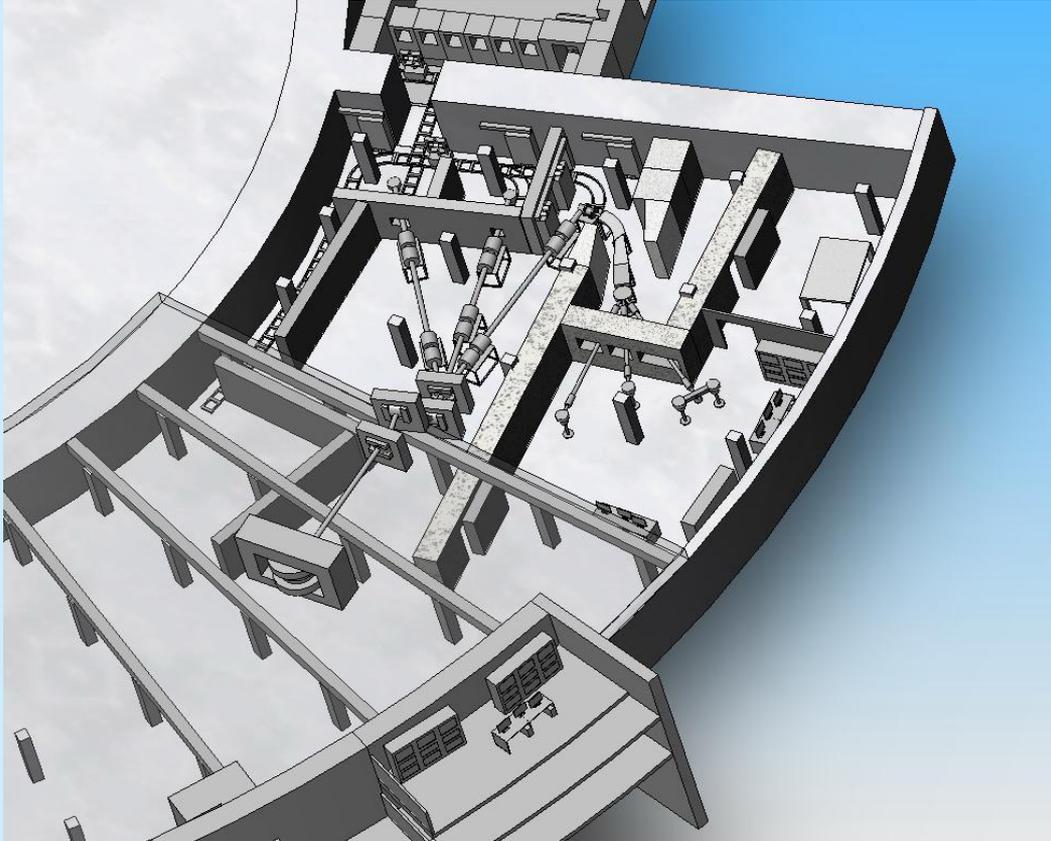


Схема расположения радиоизотопного комплекса РИЦ-80 в подвале экспериментального зала синхроциклотрона ПИЯФ

Три мишенные станции для получения наиболее используемых в настоящее время радионуклидов.

Система автоматической транспортировки для перемещение облученных мишеней в горячие камеры.

Энергия выведенного протонного пучка 40-80 МэВ и интенсивность до 200 мкА обеспечивают самые широкие возможности получения 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.

Циклотрон Ц-80 с системой вывода и поворота протонного пучка



Изготовлены три протонных тракта к мишеням РИЦ-80.

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

Создание проекта: 2012 -2015 г.;

Строительство комплекса: 2016 -2018 г.

Получение небольших количеств (0.1 - 0.2 Ки) генераторного радиоизотопа Sr-82: 2016 г.

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
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 феохромоцитомы)
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 α-тер	11.4 d	Th	240	7.3	терапия злокачественных образований

Кроме указанных в таблице радионуклидов, планируется создание линии для выделения **Re-188**, получаемого на реакторе. Имеется также возможность после осуществления 2-го этапа проекта производить **Cu-64, Cu-67, Rb-81, At-211**, а также другие медицинские радионуклиды.

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

Станция №1: Инновационное направление - масс-сепаратор.

Классификация - разработанные мишенные технологии для получения разделенных радионуклидов высокой чистоты

Разработка ИРИС, ТИЯФ

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

Разработка ИРИС, ТИЯФ

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

Классификация - поставка готовой технологии. **Поставщик - Von Gahlen, MicroSpin GmbH**

Основные принципы при использовании мишеней для масс-сепараторного и высокотемпературного метода выделения получаемых радионуклидов

Атомы материала мишени и атомы получаемых радионуклидов должны иметь существенно различное давление паров при температуре достаточной, чтобы испарить отдельно либо полученные радионуклиды, либо мишенный материал за время меньшее периода полураспада получаемого радионуклида.

Для масс-сепараторного метода: мишенный материал должен иметь очень низкое давление паров при температуре, обеспечивающей быстрый выход производимых радионуклидов.

Для высокотемпературного селективного выделения произведенных в мишенном веществе радионуклидов без использования масс-сепаратора мишенное вещество может иметь давление паров значительно выше при температуре разделения, чем давление атомов получаемых продуктов.

Главные особенности высокотемпературного «сухого» и масс-сепараторного метода получения медицинских радионуклидов

1. Возможность применения для получения широкого круга медицинских радионуклидов
2. Универсальность (в том и другом методе используются идентичные мишенные устройства, разрабатываемые на основе мишенных устройств, созданных и используемых на установке ИРИС
3. Выделение производимых радионуклидов в месте их наработки (в вакуумном объеме мишенного устройства)
Отсутствие мокрой радиохимии при выделении радионуклида из мишенного материала.
4. Увеличение удельной активности на несколько порядков
5. В случае использования масс-сепаратора получение сразу нескольких разделенных радионуклидов высокой чистоты

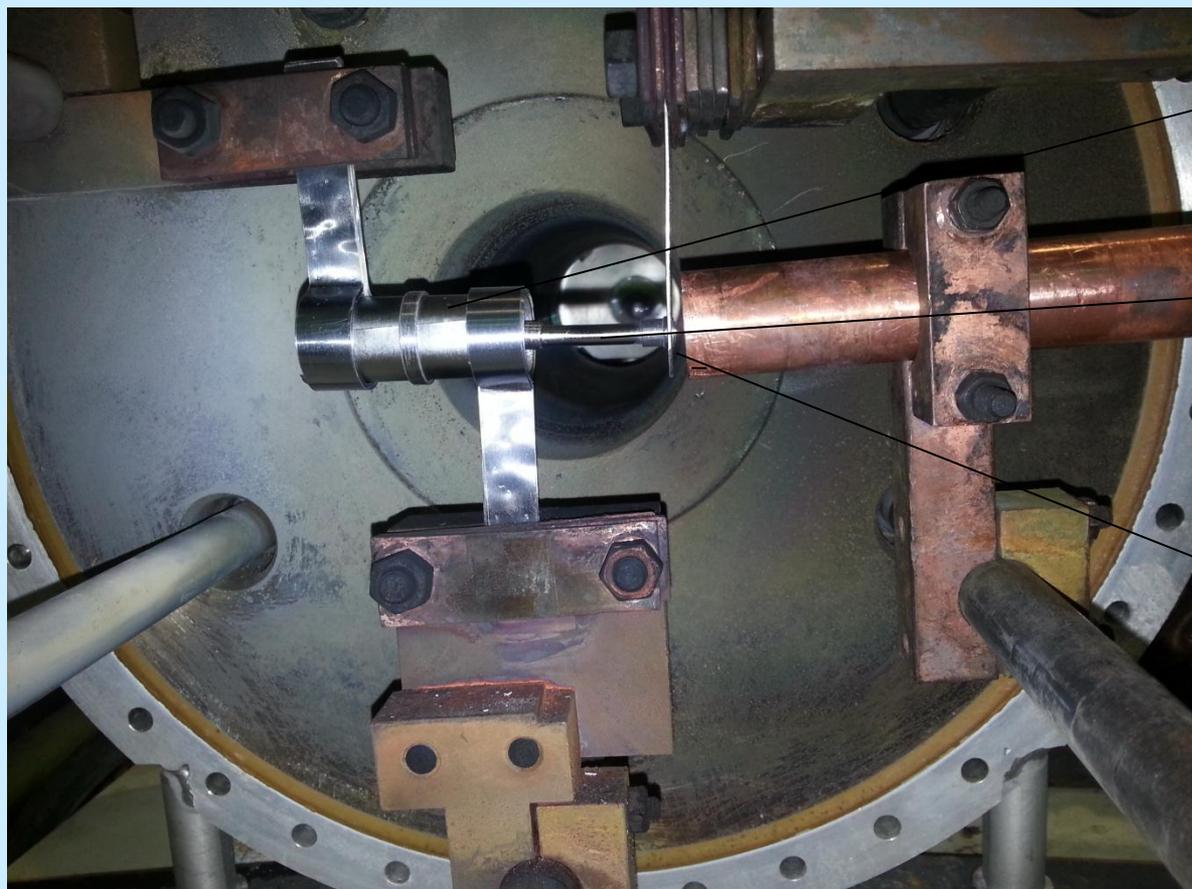
Отремонтированная радиохимическая
на ИРИСе



Новый рабочий прототип мишенной станции
для выделения радио нуклидов из облученных
мишеней



Мишенное устройство для селективного выделения Sr-82 из облученного мишенного вещества

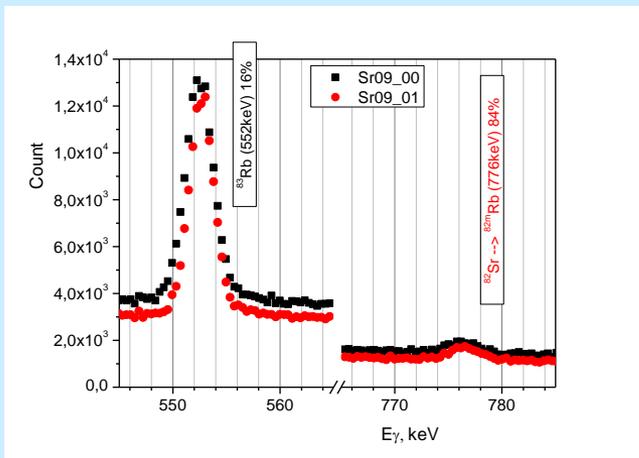


Мишенный контейнер

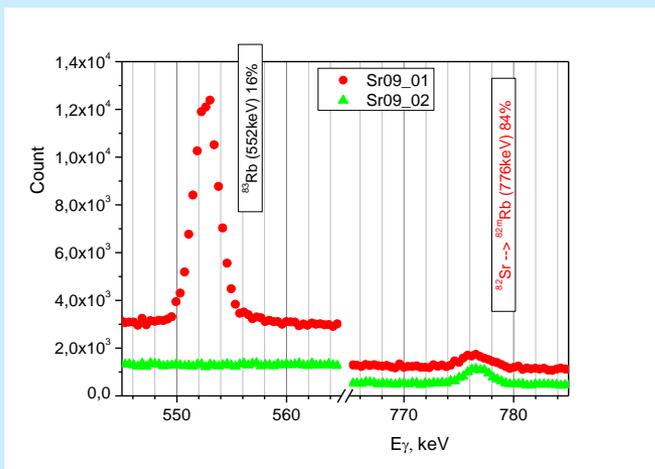
нагреваемая
трубка-коллиматор

танталовая
фольга-коллектор

Разработка нового метода высокотемпературного выделения изотопного генератора для ПЭТ ^{82}Sr из мишенного вещества RbCl , облученного на пучке синхроциклотрона ТИЯФ



Гамма-спектры капсулы с облученным мишенным веществом до нагрева и после нагрева в вакууме при низкой температуре



Гамма-спектры капсулы с мишенным веществом до нагрева и после нагрева при температуре выше температуры возгонки мишенного вещества

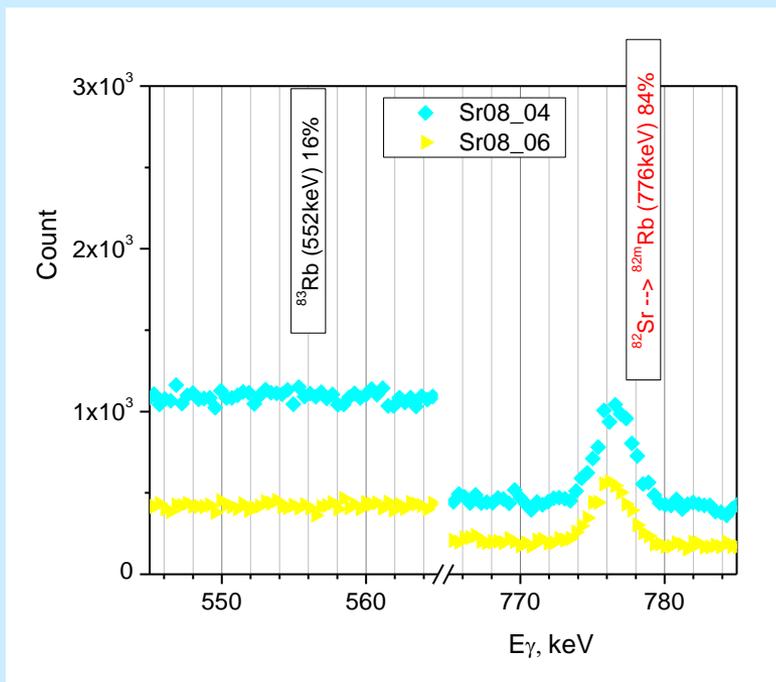


Капсула с мишенным веществом до и после нагрева при низкой температуре



Капсула после полной возгонки мишенного вещества

Разработка нового метода высокотемпературного выделения изотопного генератора для ПЭТ ^{82}Sr из мишенного вещества RbCl , облученного на пучке синхротрона ПИЯФ

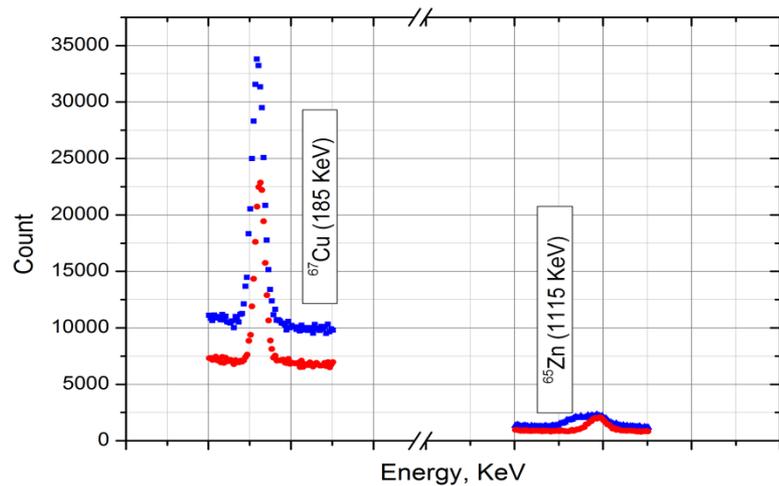


Гамма-спектр капсулы после нагрева и гамма-спектр раствора HCl , использованного для вымывания стронция из капсулы

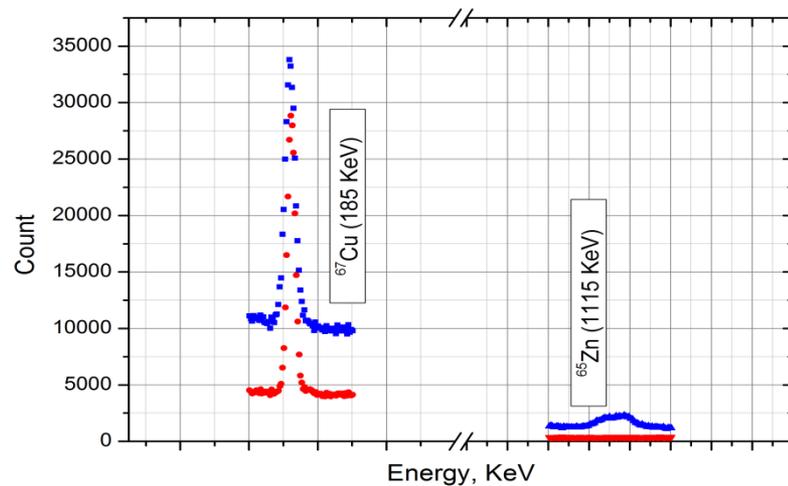
Раствор HCl со смывым ^{82}Sr

Получена эффективность выделения ^{82}Sr более 90% при полном его отделении от мишенного вещества

Высокотемпературное выделение Cu-67 из цинковой мишени



часть γ -спектра мишенного вещества
до и после нагрева при
 $T=700\text{ }^\circ\text{C}$



часть γ -спектра мишенного вещества
до нагрева и γ -спектр на охлаждаемом
коллекторе после нагрева при
 $T=1460\text{ }^\circ\text{C}$

Предварительный результат:

выделение из мишенного вещества $\sim 100\%$
эффективность высадки на коллектор $\sim 90\%$



Получение фосфора-32

Наработка проводилась облучением на реакторе ВВРМ на быстрых нейтронах в течение 5 недель. Выделение и очищение проводилось на корпусе №6 в пяти секционном боксе группой Г. Н. Шапкина. Исполнители: В.А. Ганжа, М.А. Сорока, Г. Н. Шапкин.

Для разрабатываемых прототипов мишеней для РИЦ-80:

Увеличена эффективность выделения **до 95% стронция-82** из мишенного материала RbCl для мишенного вещества массой несколько граммов.

Получена эффективность выделения **Си-67 около 90%** из мишенного материала в виде металлического цинка массой несколько граммов.

Полученная активность по фосфору-32 составила 19 ГБк.

Публикации, конференции

1. V.N. Panteleev, A.E. Barzakh et al., THE RADIOISOTOPE COMPLEX PROJECT "RIC-80" AT THE PETERSBURG NUCLEAR PHYSICS INSTITUTE

Manuscript Code #: A152090RR AIP ID: 067512RSI Journal: Rev. Sci. Instrum.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. Подана заявка на патентование нового способа выделения радионуклидов стронция из облученных мишеней.

6. Подана заявка в РНФ по теме “Разработка новых методов получения медицинских радионуклидов Sr-82, Cu-64,67”

Методика выделения фосфора-32 орто-фосфорной кислоты из облученного сырья:

Фосфор-32, который необходим для получения биологического препарата АТФ, был получен облучением серы-32 марки осч по реакции (n,p) на реакторе ВВР-м на быстрых нейтронах в течении ~ 5 недель.

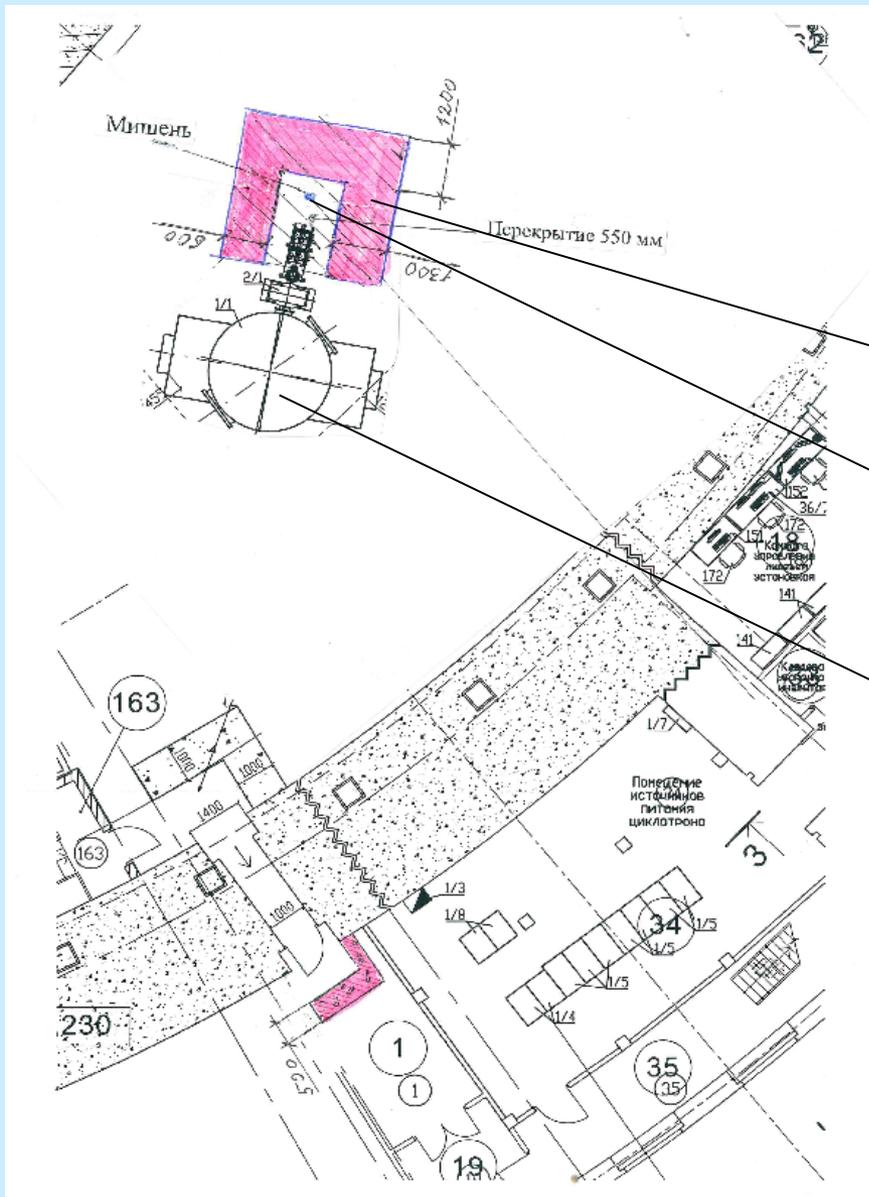
После этого ампула с облученным сырьем активностью около 1 кюри перенесена на корпус № 6 в пяти-секционный бокс ПСБ-05, где с помощью манипуляторов во второй секции вскрыта и передана в третью секцию, в которой и проводилось отделение радиоактивного Р-32 от серы сублимацией в печке при t -140-160°C в вакууме.

Далее в ампулу наливали 0,1 н HCl и кипятили на открытом воздухе для окисления фосфора до орто-фосфата. Орто-фосфат пропусканием через катионит и анионит последовательно очищался от примесей и элюировался из анионита 0,04 н HCl в кварцевую пробирку со шлифом.

Полученная активность по фосфору-32 составила 19 ГБк.

Работа проведена совместно с сотрудниками ОМРБ лаб.биосинтеза белка.

Исполнители: В.А.Ганжа, М.А.Сорока, Г.Н.Шапкин



Промежуточный вариант мишенной станции на выходе циклотрона, рассчитанный на величину тока на мишени ~ 5 мкА

Получаемая активность ~ 0.1 Кюри за 2 суток облучения

Защита

Мишенная станция

Циклотрон