



НИКИЭТ
РОСАТОМ

МНОГОЦЕЛЕВОЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РЕАКТОР ДЛЯ ЦЕНТРА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

60-летие НУ «ОИЭЯИ-Сосны»

Третьяков И.Т.

Главный конструктор исследовательских и изотопных
реакторов – директор отделения

20.05.2025, г. Минск

Исследовательские реакторные установки

По проектам и при участии НИКИЭТ создано более 25 ИР в России и более 20 – за её пределами.

НИКИЭТ является главным конструктором основных отечественных ИР и большинства ИР в странах бывшего СССР.

с 1957 г.



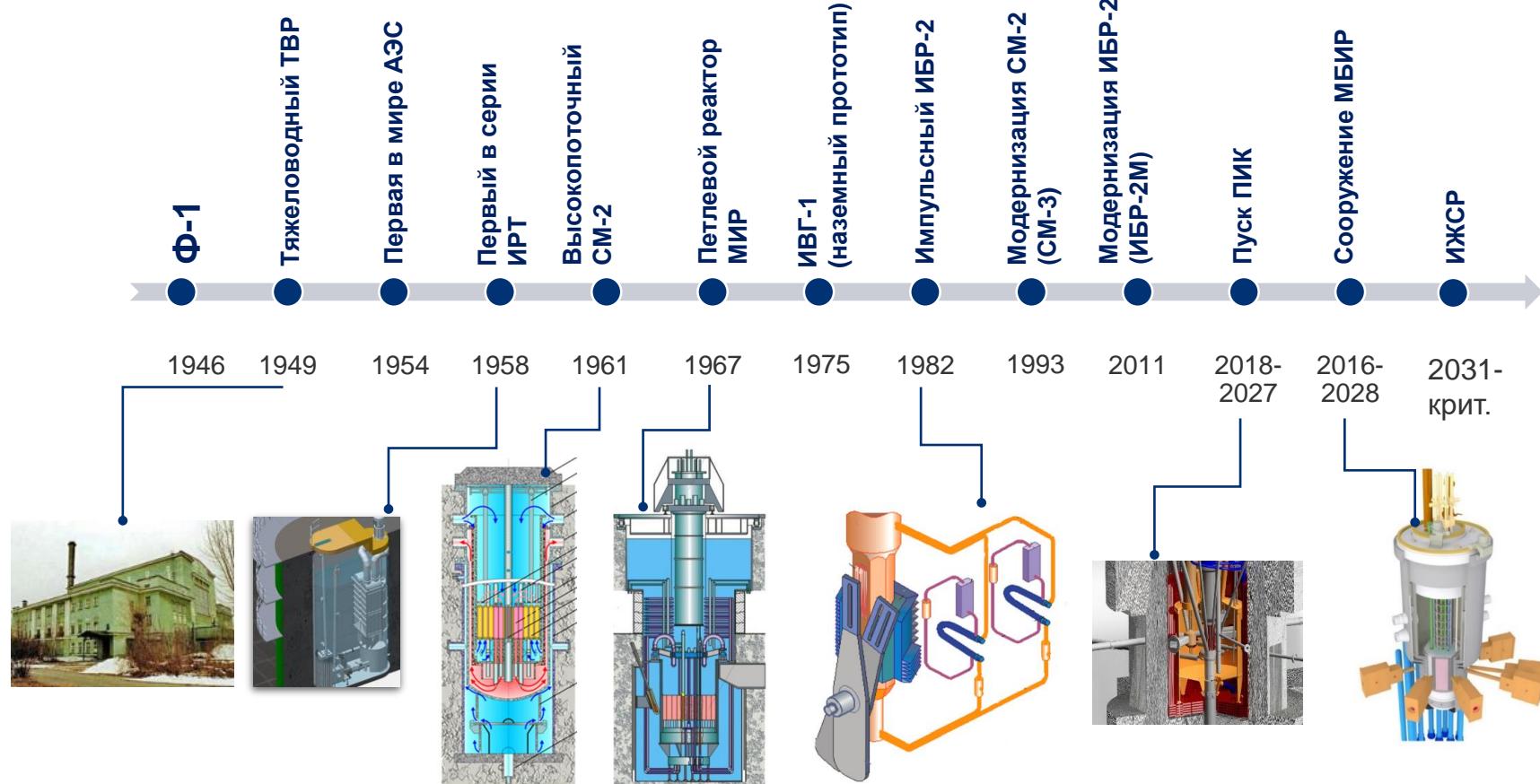
Опыт создания ИЯУ в России

Всего в России с 1946 г. было сооружено 120 ИЯУ различного типа.

Парк ИЯУ России представлен 48 действующими ИЯУ (~ 20% мирового парка).

Россия является мировым лидером:

- по количеству высокопоточных ИР,
- по разнообразию типов ИЯУ и решаемых на них задач.



Исследовательский реактор ИРТ-2000 в Минске

- 1962 г - Ввод в эксплуатацию ИРТ-2000 (ИРТ-2) тепловой мощностью 2 МВт. Главный конструктор – НИКИЭТ.
- 1976 г – Модернизация с повышением мощности до 5 МВт (ИРТ-М).
- Создана петлевая установка ГПУ-100П с теплоносителем нитрин ($N_2O_4 + 1\% NO$).
- Использование реактора для исследований ампульных образцов ТК и КМ, исследований конструкций твэлов и ТВС, изучения влияние температуры, давления, нейтронного и гамма-излучения на изменение физико-химических свойств теплоносителя нитрин и др. работ.
- 1988 г – ИРТ-М остановлен и в дальнейшем выведен из эксплуатации.
- Планировалось построить два новых ИР (стационарный и импульсный) в Республике Беларусь, но в связи с распадом СССР это не было осуществлено.



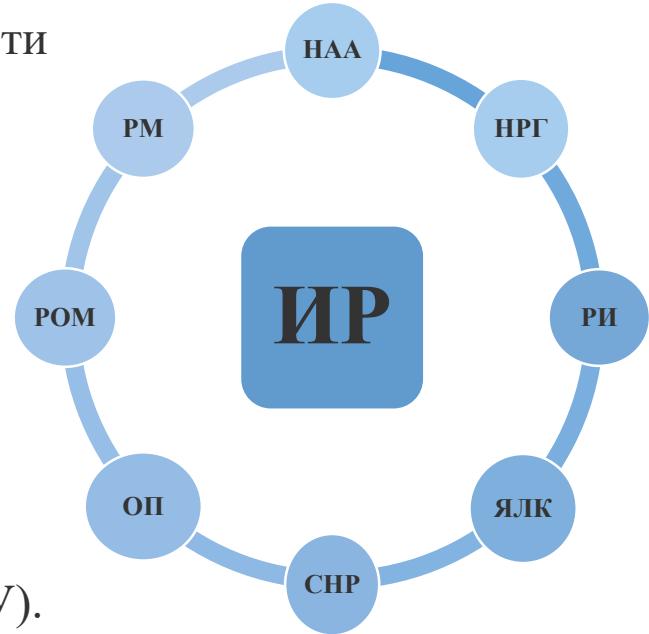
- Создание экспериментальной базы для развития атомной энергетики в Республике Беларусь.
- Развитие ядерной науки и технологий (реакторное и индустриальное материаловедение, нейтронно-активационный анализ, пучковые исследования, испытание изделий атомной техники и др.).
- Производственное использование ИР (ядерное легирование кремния, производство радиоизотопов, радиационное окрашивание минералов, гамма облучение продуктов и др.).
- Обучение и подготовка персонала в сфере ядерной энергетики.

Показатели назначения многоцелевого ИР в Беларуси

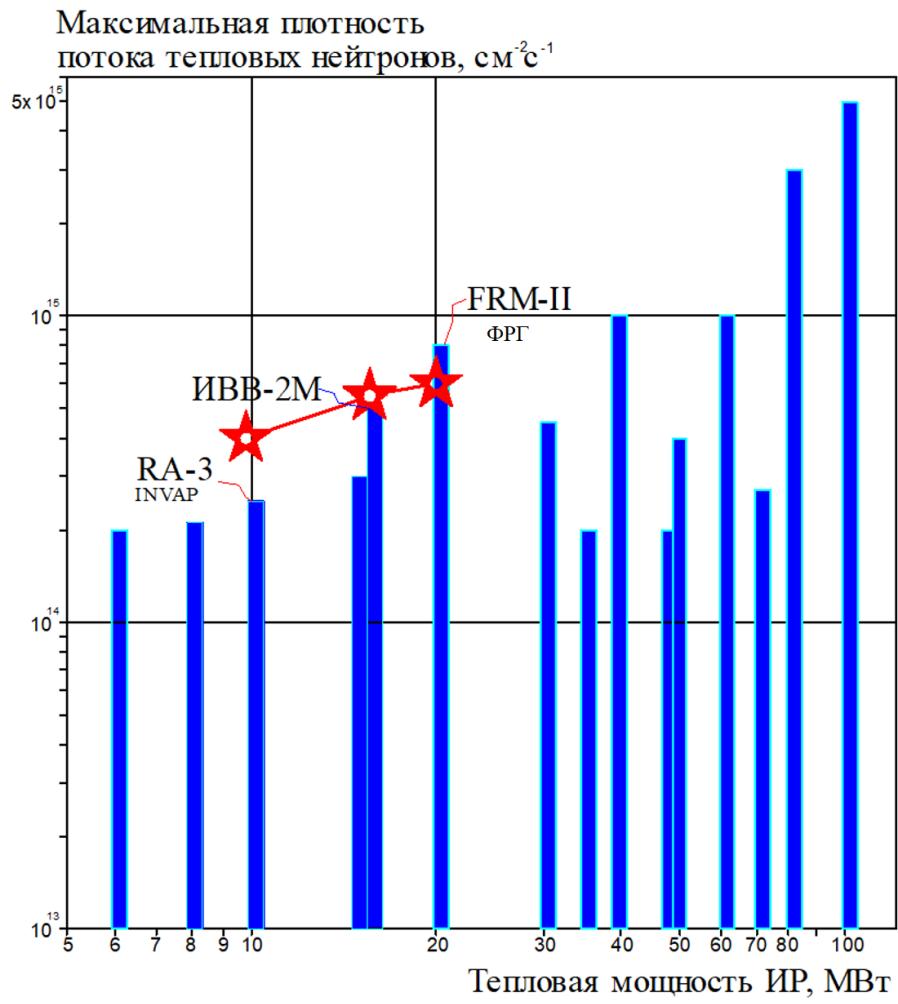
Целевой показатель, ед. изм.	Значение
Тип реактора	Водо-водяной, бассейновый
Тепловая мощность, МВт	20
Макс. невозмущённая ППТН, $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$	$> 5 \times 10^{14}$
Макс. невозмущённая ППБН, $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$	Не менее 10^{14}
Топливная композиция	$\text{UO}_2\text{+Al}$;
Обогащение по ^{235}U , %	19,7
Тип ТВС	ИРТ-4М
Высота активной части, мм	600
Теплоноситель	Деминерализованная вода
Отражатель	Be
Кампания, сут	~ 30
Годовая наработка на эксперимент, сут/год	До 305 (КИР~0,83)
Проектный срок службы, лет	60

Принятые к реализации конкурентные преимущества

- Многоцелевое использование реакторного излучения.
- Полное соответствие нормативным требованиям по безопасности РФ, Республики Беларусь, рекомендациям МАГАТЭ.
- Широкая номенклатура и разнообразие экспериментальных объёмов.
- Высокие значения ППТН ($> 5 \times 10^{14} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$).
- Качество ИР не ниже $(3-4) \times 10^{13} (\text{МВт} \times \text{см}^2 \times \text{с})^{-1}$.
- Использование НОУ-топлива .
- Нижнее расположение ИМ СУЗ (удобства обращения с ТВС и ЭУ).
- Обеспечение перегрузки ОУ на мощности.
- Обеспечение высокого КИМ (наработка на эксперимент).
- Оптимальное использование топлива.
- Максимальное использование референтных и отработанных решений.

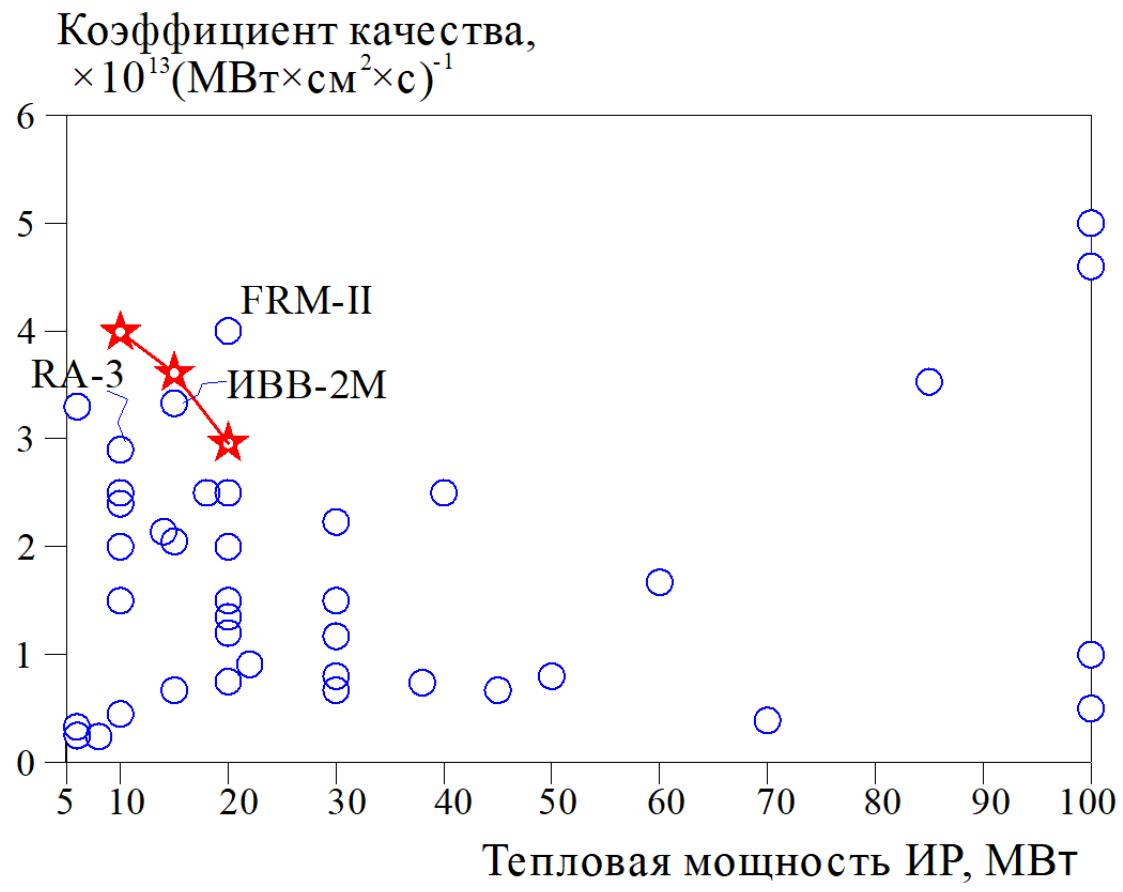


Максимальные плотности потока нейтронов, достигнутых в ИР, при тепловой мощности



★ - плотность потока нейтронов разрабатываемого ИР

Коэффициенты Качества водо-водяных ИР



★ - линейка разрабатываемых ИР, использующих НОУ

1 Производственные программы:

- Производство радиоизотопной продукции медицинского (С-14, Со-60, Й-90, Мо-99, І-125, І-131, Lu-177, Ir-192, Sm-153, Ho-166) и промышленного применения (Со-60, Se-75, Ir-192);
- Производство ядерного легированного кремния: слитки $\varnothing 200, > 10-15$ т/год;
- Радиационное материаловедение (облучение конструкционных материалов);
- Радиационное окрашивание минералов: топаз, кварц, берилл и др., до 100 кг/год.

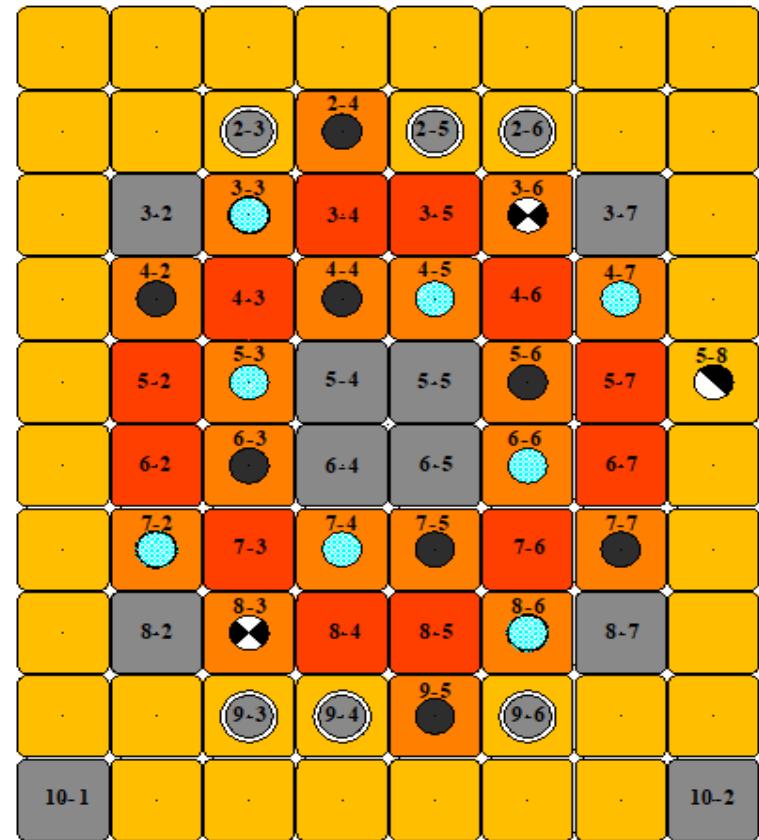
2 Научные программы:

- Нейтронно-активационный анализ: ИНАА, РНАА, НААМГК;
- Спектрометрия нейтронного рассеяния (источники холодных и горячих нейтронов);
- Нейтронная радиография;
- Радиационное материаловедение (ампульные и петлевые испытания).

- Низкообогащенный уран (НОУ) 19,7 %.
- Топливная матрица повышенной плотности UO_2/Al и $\text{U}_3\text{Si}_2/\text{Al}$ (3,0-3,3 г/см³).
- Референтные ТВС (ИРТ-4М), минимальные объемы работ по сертификации топлива.
- Высота топливной части – 600 мм.
- Возможность перегрузки части ОУ для наработки изотопов (Мо-99) без останова реактора, при работе на мощности.
- Гибкая картограмма а.з. (возможность изменения конфигурации).
- ИМ СУЗ с нижним расположением.

Мощность, МВт	20
Тип топлива	UO_2+Al
Расход ТВС, шт./год ($\text{kg}^{235}\text{U}/\text{год}$)	~ 45 ($\sim 13,8$)
Максимальная ППТН на начало/конец цикла, $\times 10^{14} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$	5,8/5,7
Максимальная мощность 8/6-ти трубной ТВС, кВт	950/ 854

а.з. с ИРТ-4М, 20 МВт



ТВС ИРТ-4М

Основные характеристики



Восьмитрубная ТВС ИРТ-4М

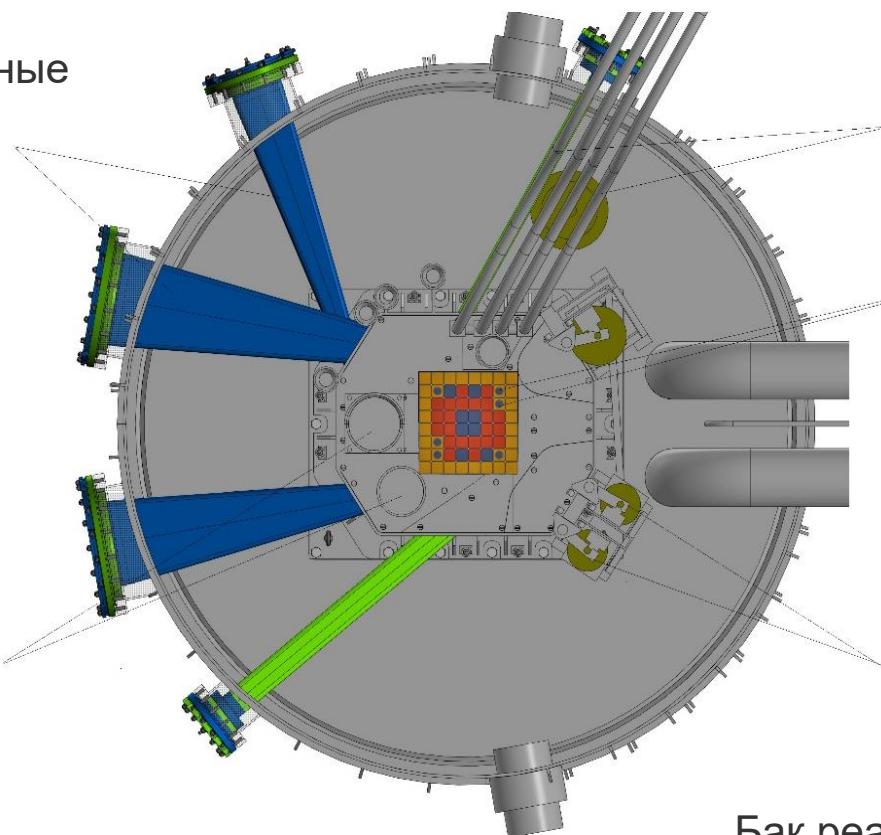
Параметр	Значение
Топливная композиция	UO ₂ +Al
Обогащение по ²³⁵ U, %	19,7
Концентрация урана, г/см ³	3
Количество твэлов в ТВС, шт.	8/6
Масса ²³⁵ U в ТВС, г	300/263,8
Материал концевых деталей	Алюминиевый сплав
Высота ТВС, мм	882
Толщина твэла, мм	1,6
Длина сердечника, мм	600

Варианты ТВС ИРТ-4М

Композиция	Концентрация урана, г/см ³	Масса ²³⁵ U в ТВС, г	Референтность
UO ₂ +Al	3	300/263,8	<ul style="list-style-type: none"> • Реактор ВВР-СМ (г. Ташкент, Узбекистан) • Реактор LVR-15 (г. Ржеж, Чехия) • Реактор VR-1P (г. Прага, Чехия) • Реактор ИРТ-1 (г. Тажура, Ливия)
UO ₂ +Al	3,3	330/290,4	-

Широкая номенклатура и разнообразие экспериментальных объёмов

Горизонтальные
каналы



Пневмопочта

Вертикальные
экспериментальные
каналы

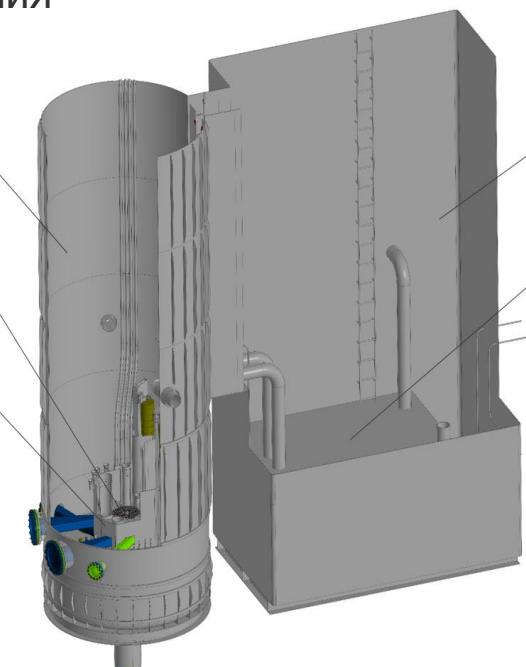
Источник
холодных и
горячий
нейтронов

Ядерное
легирование
кремния

Бак реактора

Активная зона

Внутрибаковое
оборудование



Сервисный
бассейн

Задерживающ.
емкость

Производительность наработки радиоизотопов

Изотоп	Наработка, Ки/год
Mo-99	48000 – 60 000
I-125	3200 Ки за 10 циклов
I-131	15 000 Ки за 6-9 циклов
Ir-192	20 000 Ки за 1 цикл
Co-60	До 10 000
Se-75	12000 Ки за 2 цикла
Lu-177	500 Ки за 2-4 цикла
Sm-153	1500 Ки за 2 цикла
Y-90	500 Ки за 10 циклов
C-14	3,6 – 3,8 Ки/год

Ядерное легирование кремния

Производство ЯЛК требуемого качества в многоцелевом ИР – слитки \varnothing 150, 200 мм – до 10 т/год.

Радиационное окрашивание минералов - до 75-100 кг/год.

- Представлены основные характеристики **многоцелевого исследовательского реактора** тепловой мощностью 20 МВт, отвечающего всем современным требованиям по безопасности, высокого «качества ИР», технические решения которого основаны на многолетнем референтном опыте Российской Федерации по разработке, сооружению и эксплуатации бассейновых исследовательских реакторов.
- Готовы в взаимодействии с белорусской стороной для детализации показателей назначения, технических требований и конструктивного исполнения будущего ИР.

*Поздравляем белорусских коллег
с 60-летием ОИЯЭИ-Сосны,
прекрасного научного центра
с богатой историей,
и желаем им будущих успехов
на поприще мирного использования АЭ!*

Спасибо за внимание!

Третьяков И.Т.

ITTretyakov@rosatom.ru
+ 7(916)135-45-53

20.05.2025