



«О сотрудничестве с ОИЭЯИ-Сосны в вопросах обращения с ОЯТ»

Гусаков-Станюкович И.В.

Директор по ОЯТ и Сбалансированному ЯТЦ АО «Техснабэкспорт»

20.05.2025

1. История сотрудничества



В 2010 году в рамках программы RRRFR успешно реализован проект по вывозу высокообогащенного топлива российского производства:

- 23 октября 2010 г. из Республики Беларусь были полностью вывезены все запасы ОЯТ (42 кг по урану) исследовательских реакторов «Памир» и «ИРТ-М» ГНУ «ОИЭЯИ – Сосны» НАН Республики Беларусь.
- ОЯТ было доставлено для переработки на ФГУП «ПО «Маяк», для чего технологическая схема комбината была специально модернизирована

RRRFR - программа возврата в Россию советского или российского ВОУ-топлива , хранящегося на зарубежных исследовательских реакторах в целях ядерного нераспространения и перевода таких реакторов с высоко- на низкообогащенное урановое топливо при наличии возможности, уровня квалификации и регуляторных разрешений (при поддержке DOE и МАГАТЭ).

2. Развитие сотрудничества: Строительство и пуск Белорусской АЭС - новые задачи в области обращения с ОЯТ



Общий вектор на переработку ОЯТ и возврат РАО задан Соглашением о строительстве АЭС*, однако оставался открытым вопрос поиска эффективного механизма реализации такого подхода



- 2018 год – ОИЭЯИ «Сосны» совместно с АО «Техснабэкспорт» проведен комплекс совместных исследований в обоснование вариантов обращения с ОЯТ Белорусской АЭС
- Предложен наиболее перспективный подход к замыканию ЯТЦ, при котором стране-экспортеру возвращается «короткоживущая» фракция РАО от переработки ОТВС, не требующая размещения в ПГЗРО
- ✓ Результаты исследований легли в основу **Стратегии обращения с отработавшим ядерным топливом Белорусской атомной электростанции****
- ✓ 2021 год – Соглашение по ОЯТ***, учитывающее положения Стратегии.

* - Соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Беларусь о сотрудничестве в строительстве на территории Республики Беларусь атомной электростанции (Заключено в г. Минске 15.03.2011);

** - Постановление Совета Министров Республики Беларусь 22.08.2019 N 558;

*** - Соглашение между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Беларусь о сотрудничестве в области обращения с отработавшим ядерным топливом (Заключено в г. Сочи 21.11.2022)



ТЕХНАБЭКСПОРТ
РОСАТОМ

3. Текущие и перспективные задачи: инструментарий Белорусской АЭС для выполнения оценок объемов продуктов переработки ОТВС

2022-н.в. в интересах Белорусской АЭС и Союзного государства в целом:

- Разработан проект Методики – универсальный и уникальный инструмент расчета эквивалента активности для различных сценариев обращения с продуктами переработки ОТВС Белорусской АЭС

*(Соглашение по ОЯТ : номенклатура, количество и активность РАО, подлежащих возврату в Республику Беларусь, определяются по **методике**, исходя из условия эквивалентности активности)*

- Разработан программный продукт, реализующий методику – привычная и доступная для современного пользователя среда выполнения вычислений и визуализации их результатов, адаптированная под нужды станции
- Проведена верификация характеристик образцов короткоживущей фракции РАО на ФГУП «ПО «Маяк»



2026+ - переход к промышленной переработке ОТВС с получением «короткоживущей» фракции ВАО:

- Разработка технической документации (ТУ на ОТВС, ТУ на РАО, вопросы захоронения РАО, регламентов, верификация расчетов в обеспечение вывоза ОТВС);
- Создание на территории АЭС накопительной площадки для оптимизации транспортно-технологической схемы вывоза ОТВС;
- Сотрудничество в рамках отработки технологий и верификации характеристик КФ РАО на опытно-промышленном стенде по фракционированию РАО;



ТЕХНАБЭКСПОРТ
РОСАТОМ



4. Развитие технологий ЗЯТЦ : расширение сырьевой базы ЯТЦ в мульти реакторных системах АЭС БМ & АСММ.



В настоящее время эффективен ЯТЦ с использованием регенерированного урана (RepU ВВЭР используем в РБМК, Pu в РБН). Это доказывает российский опыт



Выстраивание сбалансированных международных цепочек для RepU и плутония, с встраиванием в них АСММ, перспективных ВВЭР-С/СКД

ВВЭР-1200 & СВБР-100



Схема «обнуляет» затраты на природный уран для 2-х РУ СВБР-100 на 60 лет

РИТМ-200 & ВВЭР

Энергоблок РИТМ-200: ~ 10 перегрузок за 60 лет

Наименование изотопа	Масса, кг
U ²³⁵	307,3
U ²³⁶	73,0
U ²³⁸	2806,7
Pu ²³⁹	31,1
Pu ²⁴⁰	8,1
Pu ²⁴¹	7,5
Pu ²⁴²	2,2
Среднее выгорание ядерного топлива ≈ 55 % от исходной загрузки U-235	



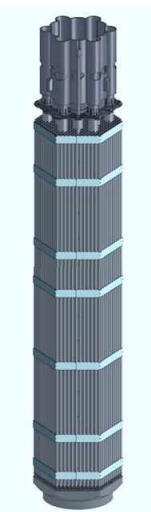
RepU от переработки ОЯТ 6-и ЭБ АСММ с РУ РИТМ-200 составит **25%** от потребления 1-го ЭБ ВВЭР-1200

≈ 190 т RepU РИТМ + РС/Сырье Н/ RepU ВВЭР ≈ 5
370-400 т ОУП (4,8%)

5. ОЯТ – это не только источник U и Pu для АЭС



ТЕХНАБЭКСПОРТ
РОСАТОМ



per 1 ton of SNF

Uranium	U (mostly U-238)	950 kg
Plutonium	Pu	10 kg
Minor Actinides	Am, Np, Cm	1.5 kg
Hot fraction	Cs+Sr	2,0 kg
Long-lived isotopes	I-129, Se-79, Sn-126, Pd-107, Zr-93, Tc-99, Kr-81	12.16 kg
Stable and short-lived elements	REE, Al, Cr, Ni, Fe	20 kg
Valuable elements and isotopes	Sr-90, Cs-137, Am-241, Tc-99, Xe, Kr, Pd, Ru, Rh	6 kg



Только на одном ПО «Маяк» освоено производство более 200 типоминималов источников альфа-, бета-, гамма- и нейтронного излучения на основе осколочных изотопов цезия-137, америция-241, плутония-239, прометия-147, стронция-90 и других для российских потребителей и на экспорт

Традиционные сферы применения: в ядерной медицине, дефектоскопии, рентгенорадиометрии, каротажных работах, радиографическом контроле проката, приборах технологического контроля, радионуклидных источниках тепла и энергии, например, в космических исследованиях, облучение с/х и медицинской продукции и многое другое

6. Фантастика? или «будущее» уже наступило?



ТЕХНАБЭКСПОРТ
РОСАТОМ

Многое уже сбылось!



Искусственный
интеллект



Робототехника и
дроны



Самовосстановление
(4D печать с эффектом
памяти ...)

Ближайшее будущее?



Освоение дальнего
космоса

Лазерные
технологии



Источник питания –
«атомное сердце»

«Перемещение во
времени» –
дожигание МА.

7. «Отходы» в «доходы».

«Короткоживущая» фракция, выделяемая при фракционировании ВАО
от переработки ОЯТ

Только лишь пример

Радиоактивные отходы

Ограничения:
тепловыделение – до 2 кВт/м³

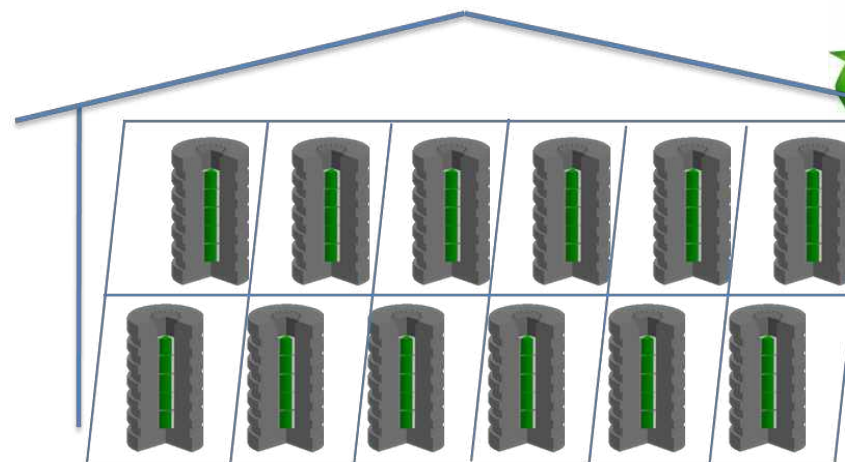


Полезный продукт

Возможности:
тепловыделение – от 50 кВт/м³



Пункт захоронения



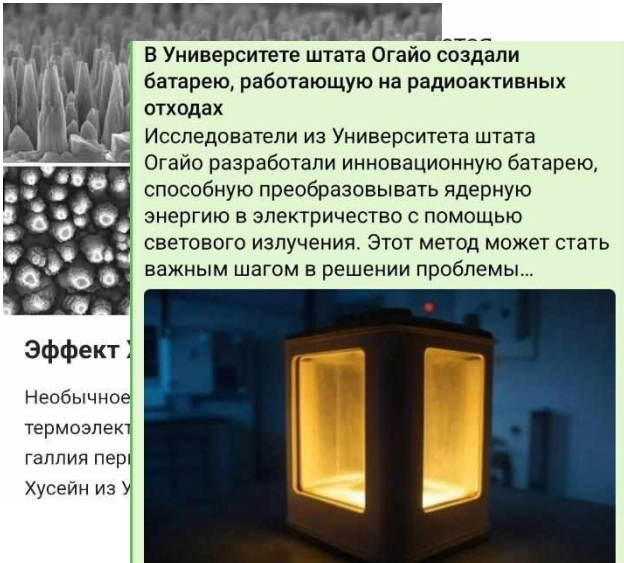
Электростанция на основе РИТ/РИТЭГ на охраняемой
территории заказчика с возможностью замены
отработавших элементов

8. Синергия возможностей радиохимии и новых технологий позволят создать РИТЭГ нового поколения

Новые технологии

Сэкономят миллиарды: ученые нашли способ эффективно получать электричество из тепла

1 июля 2023 108,2 тыс 3 мин



«Старые» технологии GPS, моб.интернет для контроля и позиционирования источника

В рамках СБЯТЦ получены образцы КФ ВАО, с высоким остаточным тепловыделением – до 25 кВт/м3

Указанное тепловыделение характерно всего для 4 % включения Sr-Cs в стекломассу, так как для целей СБЯТЦ есть ограничения по требованиям к хранению, транспортированию и захоронению КФ ВАО

Потенциально, процент включения может быть увеличен до 10-30% с получением **источника тепловой мощностью свыше 50 кВт / м3**

И это тоже не предел...



5 вес. % (SrO-Cs2O)
95 вес. % Mn фритта

Значимые радионуклиды:

Целевые р/н: Cs-135, Cs-137, Sr-90;

Примесные р/н:

Трансураны - Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu

Альфа-излучатели - U-234, U-235, U-236

Продукты деления и активации - C-14, I



Внешний вид изложниц и образцов БСС на столешнице горячей камеры

«Старые» технологии вкупе с современными технологиями и материалами позволяют найти новые решения для «изотопов из ОЯТ»

1. Мы дорожим плодотворным сотрудничеством с ОИЭЯИ-Сосны, которое продолжается уже десятилетия.
2. Экспертиза и научный потенциал коллектива ОИЭЯИ-Сосны незаменимы при решении стоящих сегодня перед нами задач по обеспечению долгосрочной безопасности и надежности эксплуатации Белорусской АЭС, в сферах обращения с ОЯТ и РАО.
3. Впереди – огромный пласт интересных задач, пути к решению которых открывают ядерные, радиационные и радиохимические технологии, а также расширение применения радионуклидной продукции.

Инновации и профессионализм – создают будущее!