Международный общественный форум-диалог
"АтомЭко-2017"

State atomic energy corporation “Rosatom”

Российские подходы к перспективным ядерным топливным циклам

А.Хаперская

ПО ОЯТ

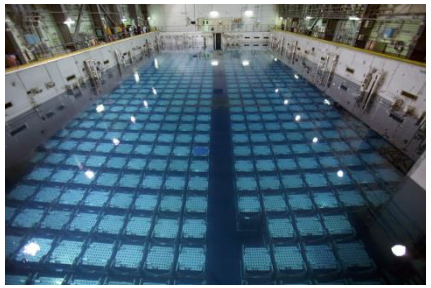
Госкорпорация «Росатом»

22 ноября 2017

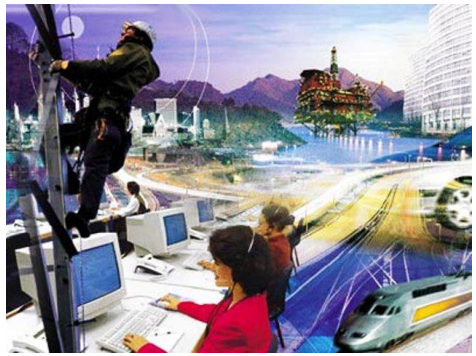
Атомная энергетика – надежный источник электроэнергии.

РОСАТОМ

Свежее ЯТ
(энергоемкость
1 г U^{235} ~ 1,5 т нефти
21,6 МВт*час)



Отработавшее ЯТ
(радиоактивность
1 г ОЯТ ~ 1 Ки)



ОЯТ – основной проблемный момент ЯТЦ

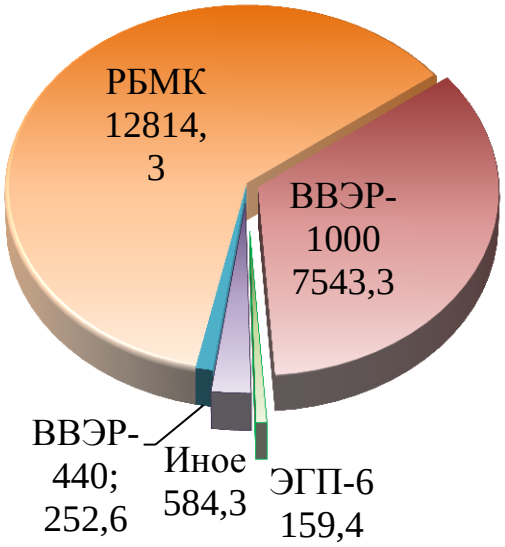
В мире:

- накоплено более 310 тыс.тонн ОЯТ,
  (для захоронения такого количества ОЯТ необходим ПЗРО с объёмом выработки не менее 41,8 млн м^3 (более 440 км. туннелей, диаметр 5,5 м.).
- ежегодно образуется около 10,5 тыс.т ОЯТ.

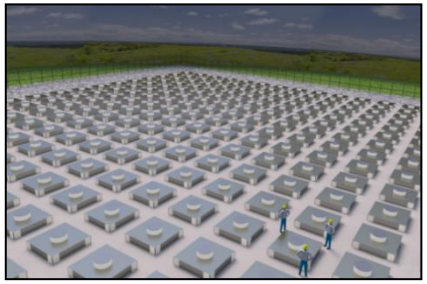
В России:

- накоплено около 22,5 тыс.тонн ОЯТ,
- ежегодно из реакторов выгружается 650-700 т ОЯТ.

Масса ОЯТ, тонн



«Мокрое» хранилище ОЯТ, AREVA



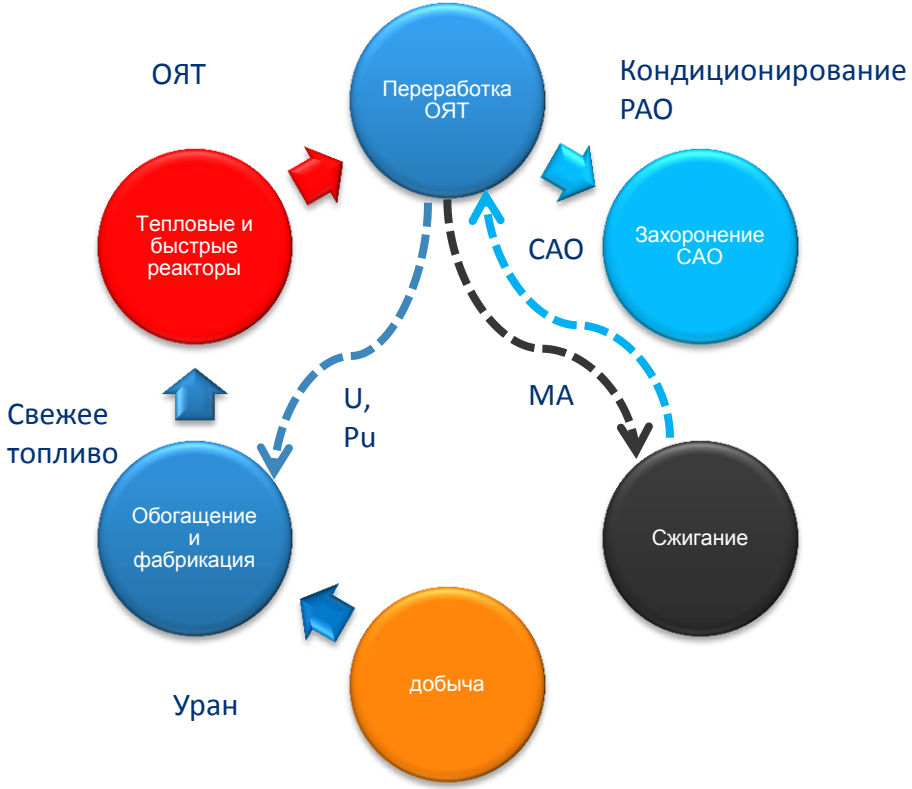
HI-STORM, Holtec

Контейнерное хранилище ОЯТ

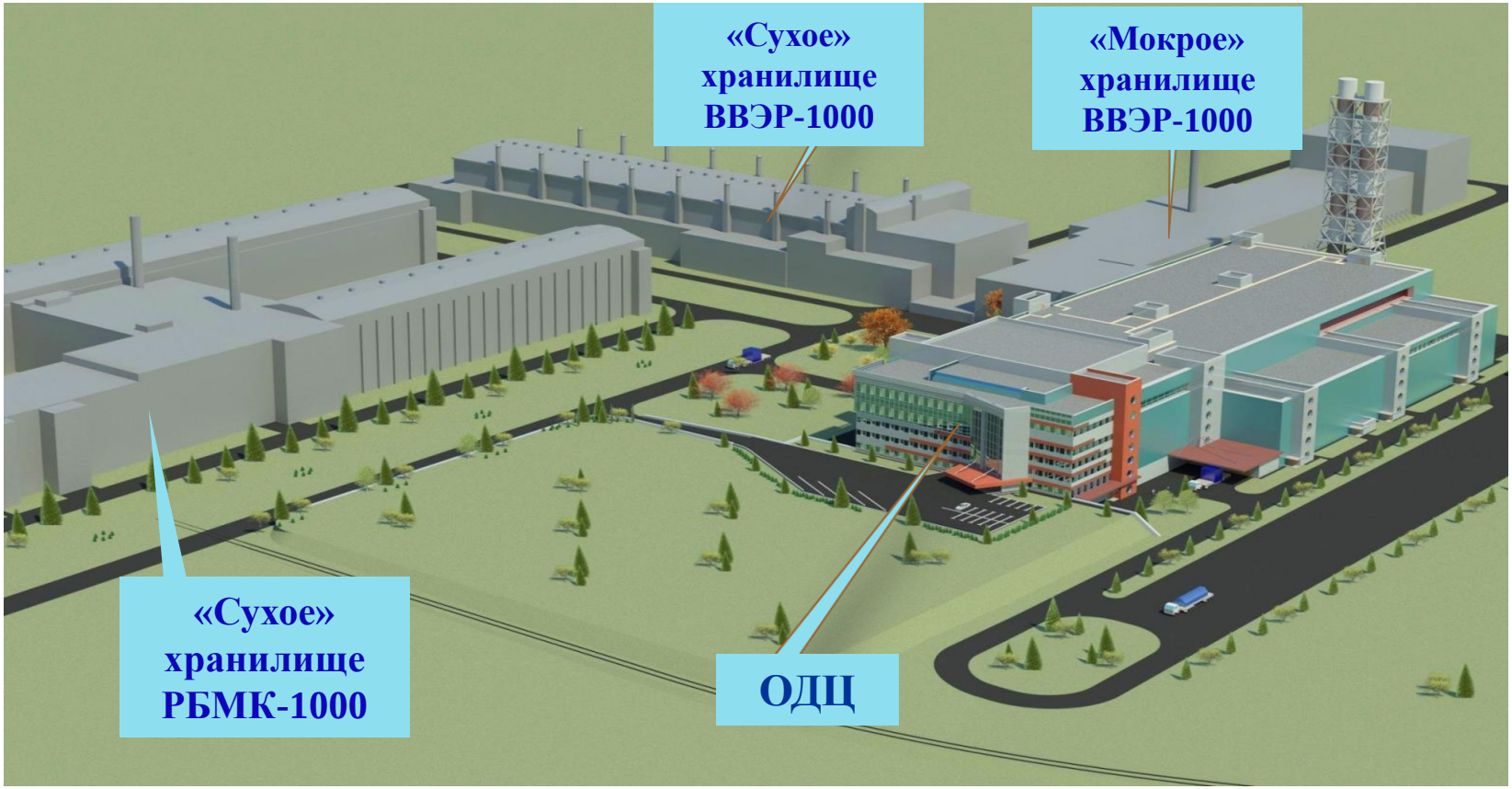
Замкнутый ЯТЦ – наиболее эффективный способ обращения с ОЯТ

Открытый ЯТЦ	Замкнутый ЯТЦ
(–) Требуется создания пункта глубинного захоронения ОТВС. Размер упаковок с ОЯТ существенно больше, чем объем самого ОЯТ	(+) Объем упаковок с ВАО для глубинного захоронения значительно(в 5 раз) меньше, чем при захоронении ОТВС. За счет фракционирования ВАО возможна дальнейшая оптимизация объемов РАО для глубинного захоронения.
(–) Сложно обосновать безопасность хранения ОЯТ в течении сотен тысяч лет (предусматриваются консервативные, дорогие и сложные решения)	(+) Радиотоксичность ВАО существенно ниже: до уровня $U_{прир.}$ активность снижается в 30 раз быстрее.
(–) Не используется энергопотенциал ЯДМ, оставшихся в ОЯТ (в 1 ОТВС – 31,5 ГВт*час)	(+) Содержащиеся в ОЯТ делящиеся материалы (U, Pu) возвращаются в топливный цикл (эффективное использование природных ресурсов, экономия $U_{природ.}$)
(+) Все продукты деления компактно «упакованы» в ОЯТ	(–) При переработке ОЯТ образуется разнообразные РАО, требующие дополнительных действий по их кондиционированию
(+) Не требуется выполнять сложную операцию радиохимической переработки ОЯТ	(–) Радиохимическая переработка ОЯТ – сложный, наукоемкий и потенциально опасный процесс
(–) Для захороненных ОТВС требуется на постоянной основе обеспечить соблюдение требований ЯБ и физической защиты ЯМ	(–) Чувствительность к вопросу нераспространения ЯДМ

Перспективный ЯТЦ с минимизацией объемов долгоживущих РАО



ОДЦ в комплексе по обращению с ОЯТ



2015 год – завершено строительство первого пускового комплекса ОДЦ.

2020 год – ввод ОДЦ в эксплуатацию в полном развитии производительностью до 250 т ОЯТ/год. Выдача исходных данных для крупномасштабного коммерческого завода по переработке ОЯТ.

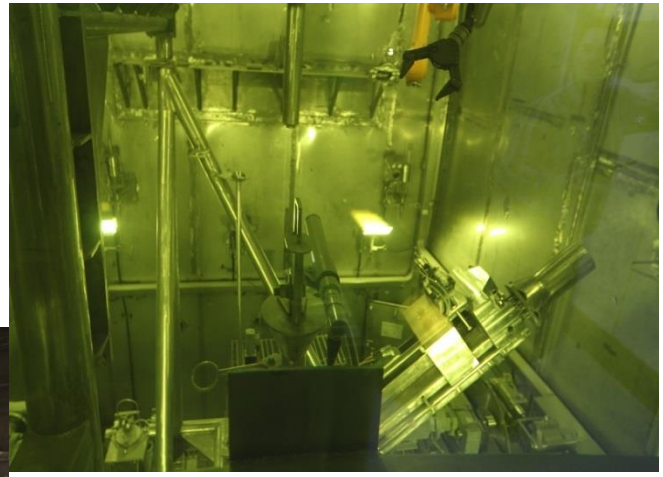
Образование РАО после переработки ОЯТ тепловых реакторов на ОДЦ

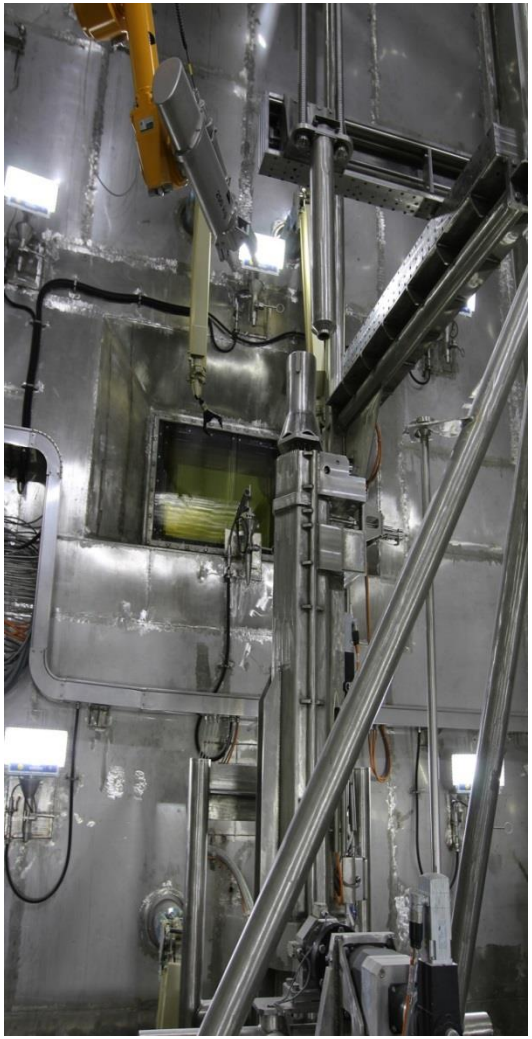
Объемы РАО:	Существующие технологии	Технология ОДЦ
Остеклованные ВАО, $м^3$/t ОЯТ	**~ 0,6**	**0,1**
Отвержденные САО, $м^3$/t ОЯТ	**~ 40**	**3,1**
Низкоактивные жидкие РАО (контролируемые сбросы в окружающую среду) , $м^3$/t ОЯТ	**~ 100**	**0**

ОДЦ

2016 – ввод в эксплуатацию пускового комплекса исследовательских горячих камер.

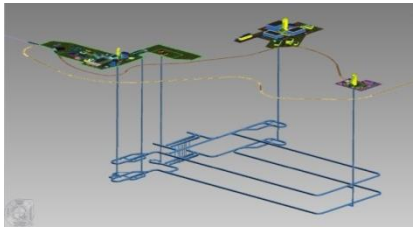
Отработка новых технологий по обращению с ОЯТ энергетических реакторов как на тепловых, так и на быстрых нейтронах, и замыкания ЯТЦ.



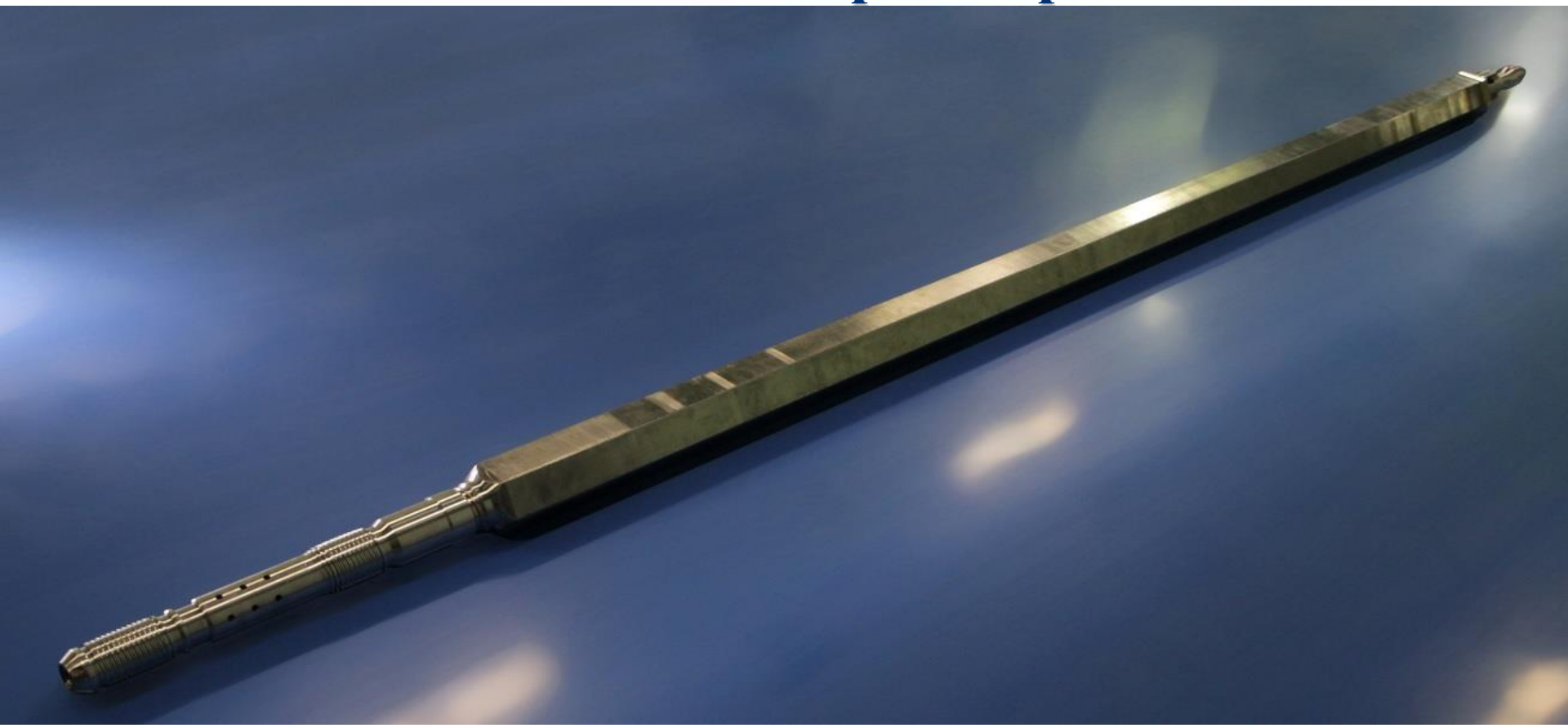


Обращение с продуктами переработки

- Использование регенерированного урана– фабрикация топлива для тепловых реакторов
- Утилизация плутония - топливо для быстрых и тепловых реакторов
- РАО – кондиционирование для хранения и захоронения



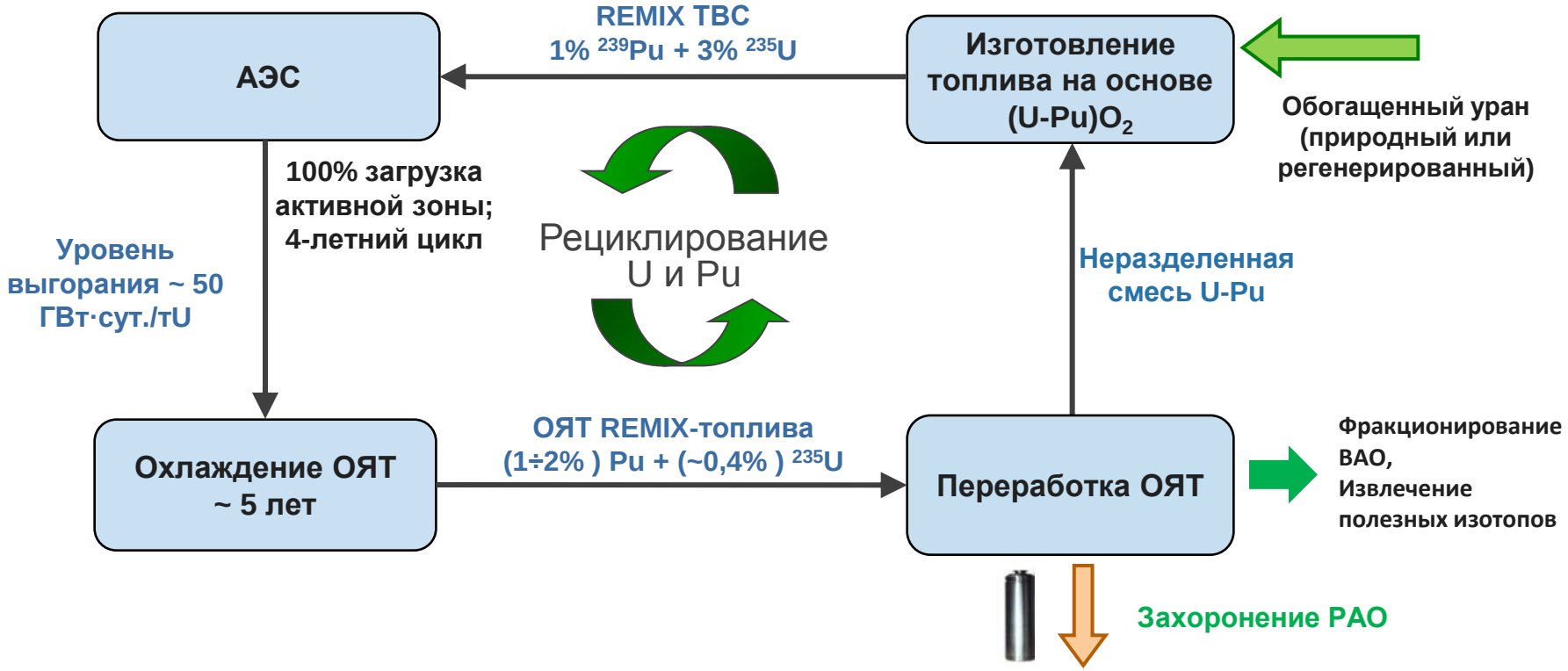
Производство МОКС-топлива для топливообеспечения реактора БН-800



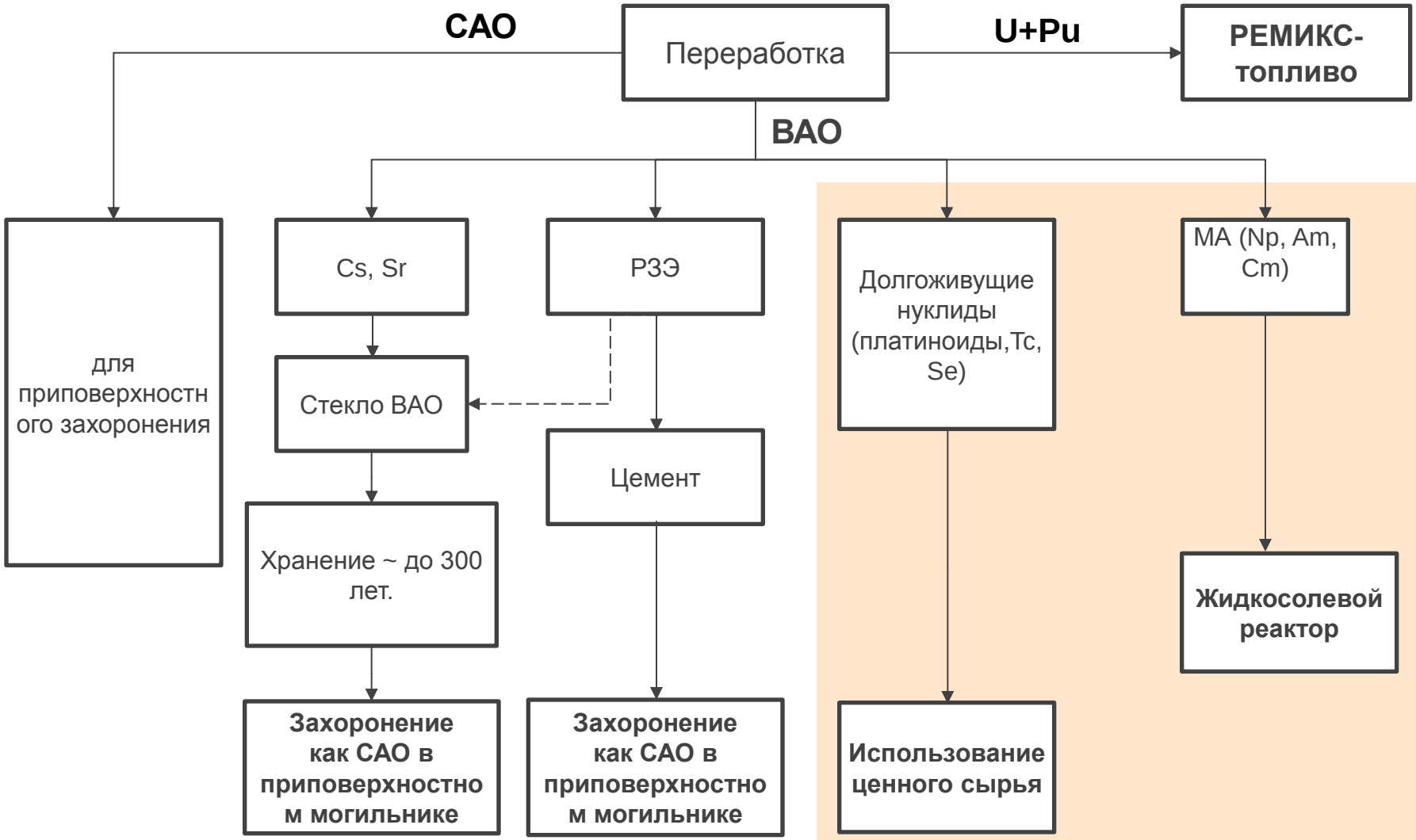
В 2015 году производство введено в опытно-промышленную эксплуатацию.

Мультирециклирование плутония в тепловых реакторах (РЕМИКС-топливо)

- РЕМИКС-топливо состоит из смеси U и Pu, совместно выделенных из ОЯТ с последующим добавлением обогащенного природного или регенерированного U или ранее выделенного Pu.
- 2014 год – старт проекта «Расчётно-экспериментальное обоснование РЕМИКС-топлива. Фабрикация и облучение 3 экспериментальный ТВС с РЕМИКС-топливом».
- 2017 год – старт проекта «Реферирование РЕМИКС-топлива» с созданием опытно-промышленного производства



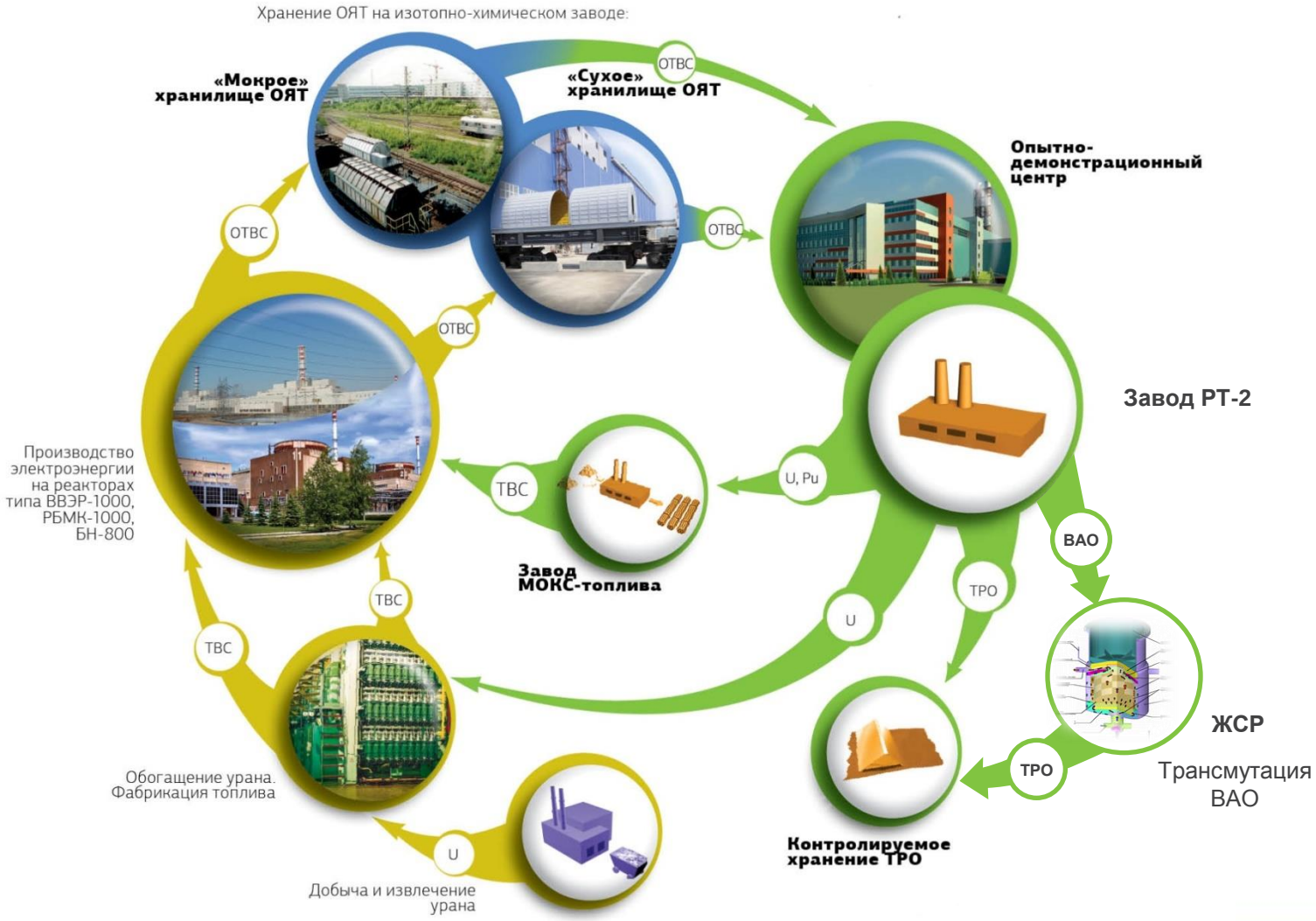
Фракционирование ВАО с уменьшением радиотоксичности и объемов , снижение класса отходов (в идеале - исключение необходимости геологического могильника)



Преимущества ЖСР реактора

- Простота конструкции реактора,
- существенно более высокий уровень ядерной безопасности (внутренне присущая безопасность):
  - необходимая избыточная критичность может достигать весьма малых значений в результате непрерывной очистки от нейтронных ядов, а также вследствие возможности дополнительной регулировки критичности прямо в ходе кампании облучения путем введения малых добавок делящегося или воспроизводящего материала непосредственно в солевой расплав по мере выгорания топлива.
  - Гомогенная активная зона с отрицательным температурным коэффициентом реактивности (т.е. с повышением температуры расплав сильно расширяется и система автоматически выходит из области критичности) позволяет обеспечить высокий уровень ядерной безопасности реакторной установки. ЖСР-С может успешно справляться с основными аварийными ситуациями без аварийной защиты, включая потерю принудительной циркуляции в топливном контуре, нарушение теплоотвода от топливного контура, несанкционированный ввод положительной реактивности и переохлаждение промежуточного контура
- Отсутствие традиционной фабрикации топлива
- Возможность изменения состава топлива без останова реактора;
- Возможность удаления продуктов деления без останова реактора. Не требуется большого объема переработки ОЯТ
- Возможность выжигания минор-актинидов (нептуния, америция и кюрия)

Концепция замыкания ядерного топливного цикла на ФГУП «ГХК»



Contact information

A. Khaperskaya

Project Office SNF management

State Corporation “Rosatom”

+7 (499) 949-43-44

AVKhaperskaya@rosatom.ru

www.rosatom.ru