



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Семинар по теме «Развитие технологии реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем» для замыкания ядерного топливного цикла

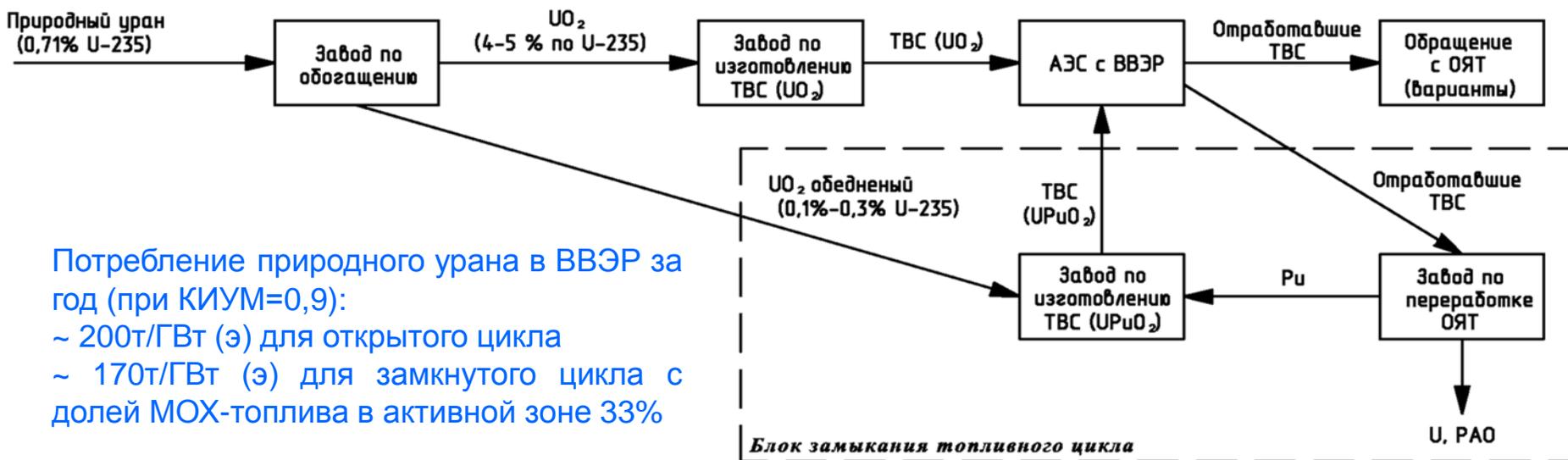
ОПЫТ СОЗДАНИЯ РЕАКТОРА БН-800 ДЛЯ ЗАМЫКАНИЯ ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

Сараев О.М.

**Нижний Новгород
09.10.2016**

- ❑ Создание замкнутого ЯТЦ в 2-х компонентной АЭ с реакторами на тепловых и быстрых нейтронах с преобладающим использованием рециклированного топлива и наработанного в цикле плутония для экономически и экологически оправданного устранения «отложенных» проблем обращения с отработанным ядерным топливом (ОЯТ)
- ❑ Вытеснение урана-235 из производства энергии на АЭС как основополагающей причины экономической неэффективности и возрастающей экологической неприемлемости открытого ЯТЦ
- ❑ Сокращение объема и сроков перехода РАО в радиационно - безопасное состояние
- ❑ Технологическое и ресурсное обеспечение устойчивости существования и развития АЭ
- ❑ Создание благоприятных условий международного сотрудничества в повышении эффективности АЭ и обращения с ОЯТ

СХЕМА ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА РЕАКТОРОВ ТИПА ВВЭР



Потребление природного урана в ВВЭР за год (при КИУМ=0,9):
~ 200т/ГВт (э) для открытого цикла
~ 170т/ГВт (э) для замкнутого цикла с долей MOX-топлива в активной зоне 33%

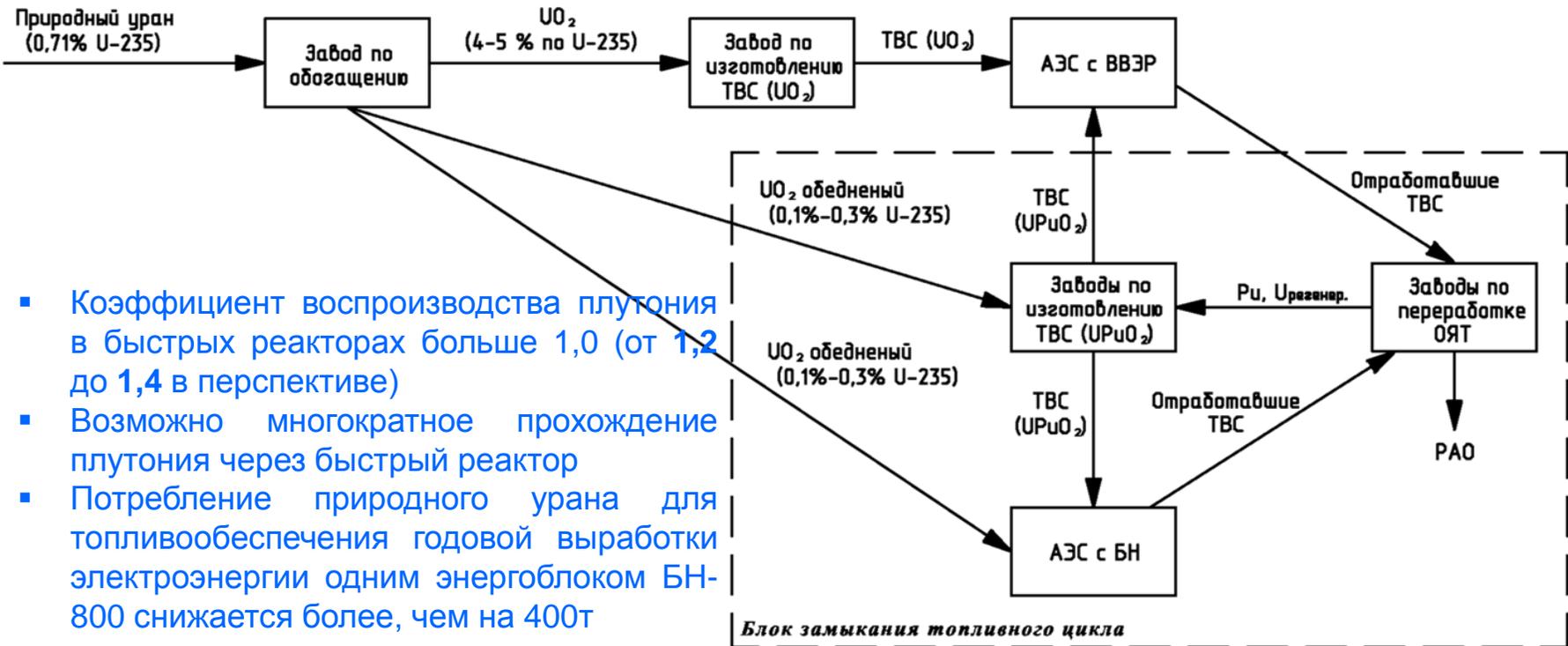
- ❑ Коэффициент воспроизводства делящегося материала (плутония из урана-238) составляет ~ 0,6
- ❑ Возможны только 3 цикла прохождения плутония через реактор (ухудшается качество плутония, экономика цикла и безопасность реактора)

Экономия природного урана при реализации замкнутого топливного цикла в реакторах типа ВВЭР с долей MOX-топлива в активной зоне 33% составляет ~ 15 %

СХЕМА ЗАМКНУТОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА РЕАКТОРОВ ТИПА ВВЭР И БН



РОСАТОМ



- Коэффициент воспроизводства плутония в быстрых реакторах больше 1,0 (от 1,2 до 1,4 в перспективе)
- Возможно многократное прохождение плутония через быстрый реактор
- Потребление природного урана для топливообеспечения годовой выработки электроэнергии одним энергоблоком БН-800 снижается более, чем на 400т

Потребление природного урана при реализации замкнутого топливного цикла в 2-х компонентной атомной энергетике с реакторами на быстрых нейтронах сократиться в десятки раз

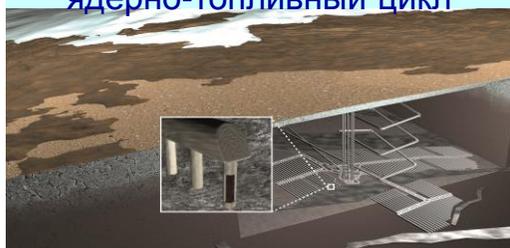
ВАРИАНТЫ ОБРАЩЕНИЯ С ОЯТ В МИРЕ



РОСАТОМ

Обращение с ОЯТ

**долговременное
контролируемое хранение
и захоронение – открытый
ядерно-топливный цикл**



ОЯТ воспринимается как отходы, которые надо захоранивать

**переработка и рецикл –
замкнутый ядерно-топливный
цикл**



ОЯТ воспринимается как сырье для извлечения и возвращения в топливный цикл U-235 и Pu

существующая в России система обращения с ОЯТ является единым технологическим комплексом, включающим хранение, транспортировку, переработку ОЯТ и рецикл продуктов переработки

открытый ядерно-топливный цикл



отсутствует потребность в немедленном решении вопросов окончательной изоляции ОЯТ



высокая стоимость сооружения и содержания полигонов и долговременных хранилищ



дешевизна природного урана при текущей ситуации на рынке (производство превышает спрос)



низкая эффективность использования энергетического потенциала природного урана



не решает вопросы долговременной изоляции радионуклидов, содержащихся в ОЯТ

замкнутый ядерно-топливный цикл



требуется совершенствование технологий радиохимической переработки ОЯТ, направленное на:
-удешевление процессов
-снижение рисков распространения продуктов переработки ОЯТ



отсутствует зависимость от источников топливных ресурсов и рыночной конъюнктуры



возвращение недовыгоревших и наработанных в реакторах продуктов переработки ОЯТ (U-235, Pu, MA) в топливный цикл снижает потребность в природном уране



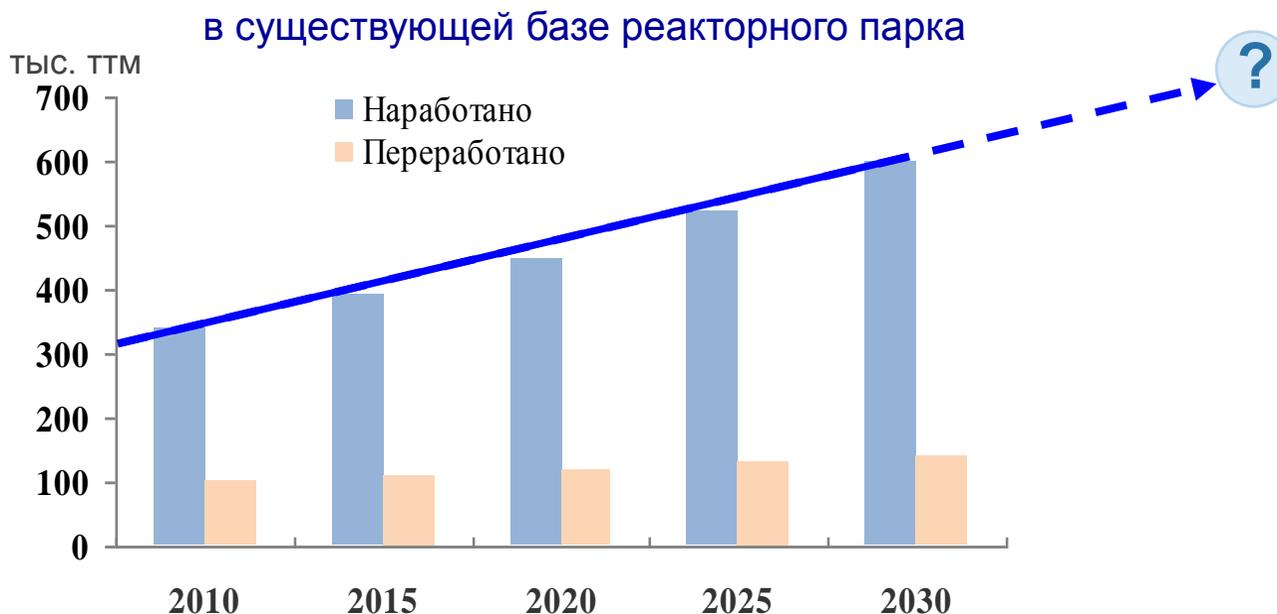
активность, объем и масса отходов для окончательного захоронения минимизируется

Резюме: преимущества открытого ядерно-топливного цикла носят краткосрочный характер, недостатки замкнутого ядерно-топливного цикла – устранимы

ЗАПАСЫ ОЯТ В МИРЕ - НАРАСТАЮТ



POCATOM



Насколько приемлемо сохранение тренда?

Когда и где накопление ОЯТ станет препятствием масштабирования АЭ?

ДВУХКОМПОНЕНТНАЯ АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА – ПУТЬ К РЕШЕНИЮ РОСТА «ОТЛОЖЕННЫХ» ПРОБЛЕМ



Двухкомпонентная атомная энергетика – синергетическое сосуществование парка реакторов на тепловых и на быстрых нейтронах



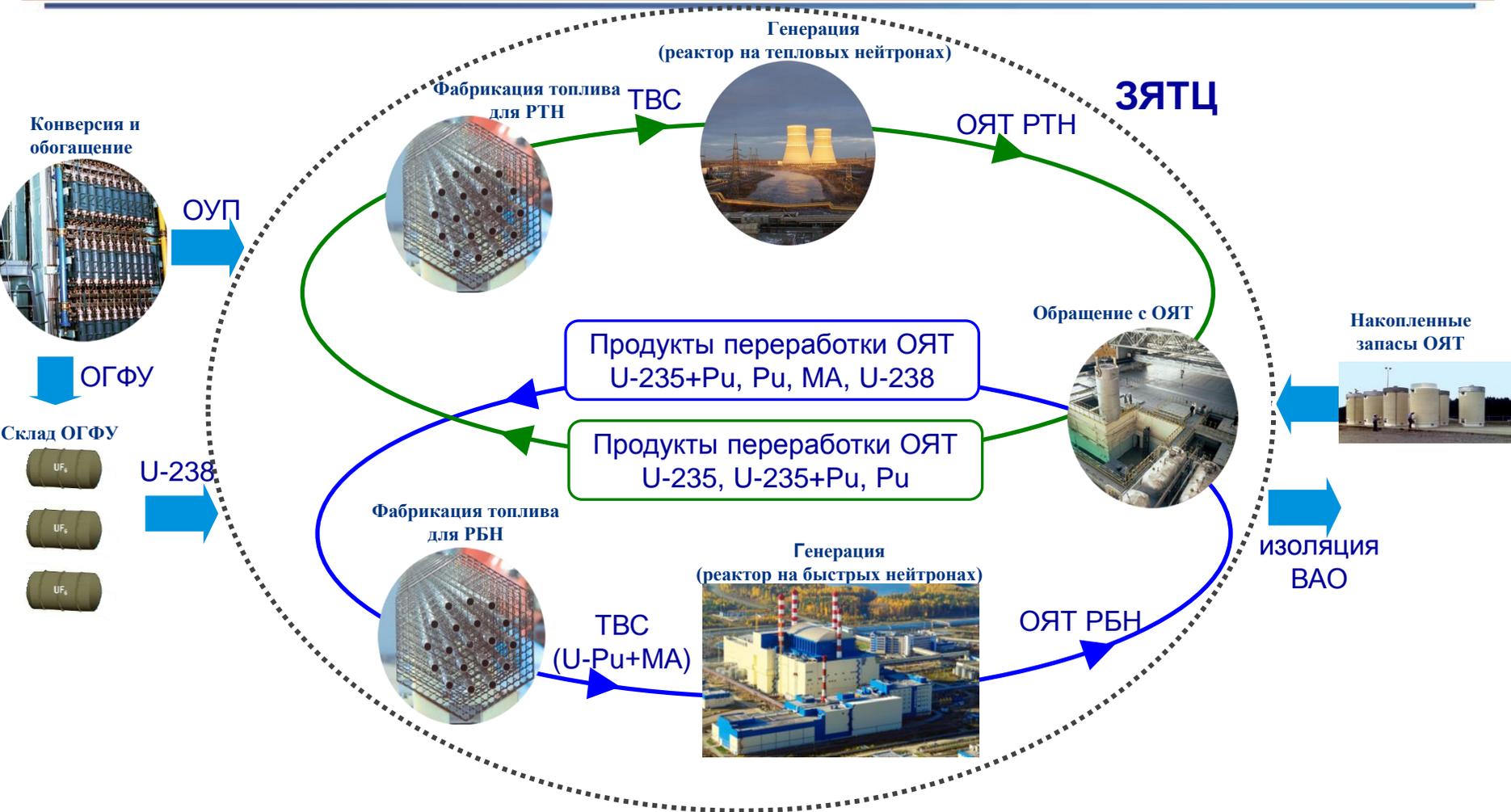
Парк реакторов на тепловых нейтронах

Парк реакторов на быстрых нейтронах

- решение проблем накопления ОЯТ в мире;
- увеличение в десятки раз эффективности использования потенциала исходного сырьевого урана;
- минимизация объема и массы отходов АЭ с сокращением сроков спада их радиоактивности за счет дожигания минорных актинидов в реакторах на быстрых нейтронах

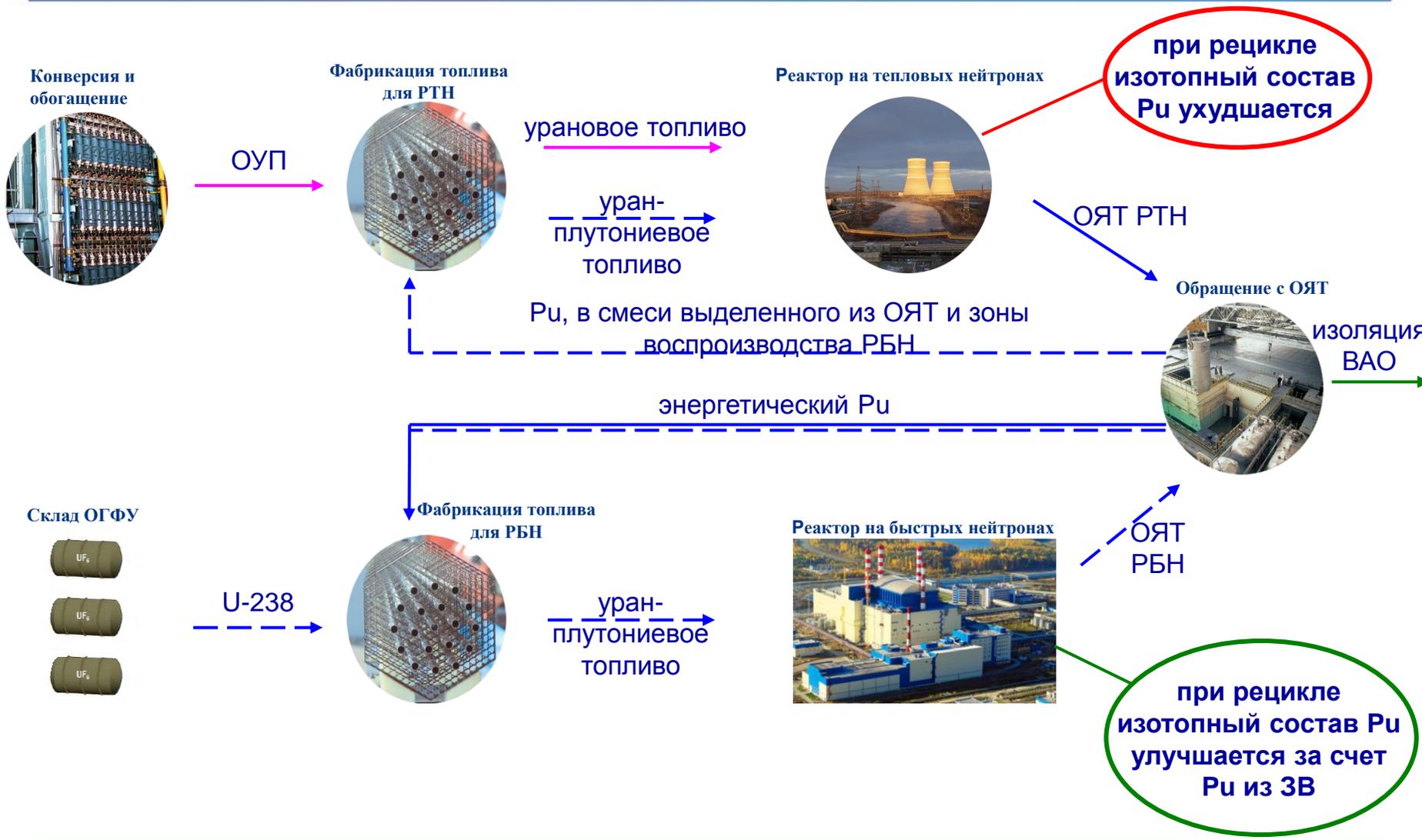
Замыкание ЯТЦ требует эффективных решений по совершенствованию технологий переработки ОЯТ и включения минорных актинидов в топливную композицию быстрой энергетике

Принципиальная схема двухкомпонентной атомной энергетики (система РБН и РТН)



Эффективность ЗЯТЦ возрастает по мере вытеснения из него топлива на основе урана-235 уран-плутониевым топливом

РБН дает возможность многократного рецикла Pu в двухкомпонентной АЭ путем восстановления деградированного изотопного состава плутонием из зоны воспроизводства (Pu из ЗВ)



РБН – реактор на быстрых нейтронах
 РТН – реактор на тепловых нейтронах

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ И ДОЖИГАНИЕ МИНОРНЫХ АКТИНИДОВ В РБН- ПУТЬ К СНИЖЕНИЮ СРОКА ОБРАЩЕНИЯ С ВАО



1. Сейчас: переработка ОЯТ без фракционирования



Rep U, Pu – полезные продукты

остеклованные ВАО (MA, Sr, Cs) ~ 2 м³ с 1 ГВт атомной генерации в год
срок спада активности 10 000 лет

2. В перспективе: переработка ОЯТ с фракционированием

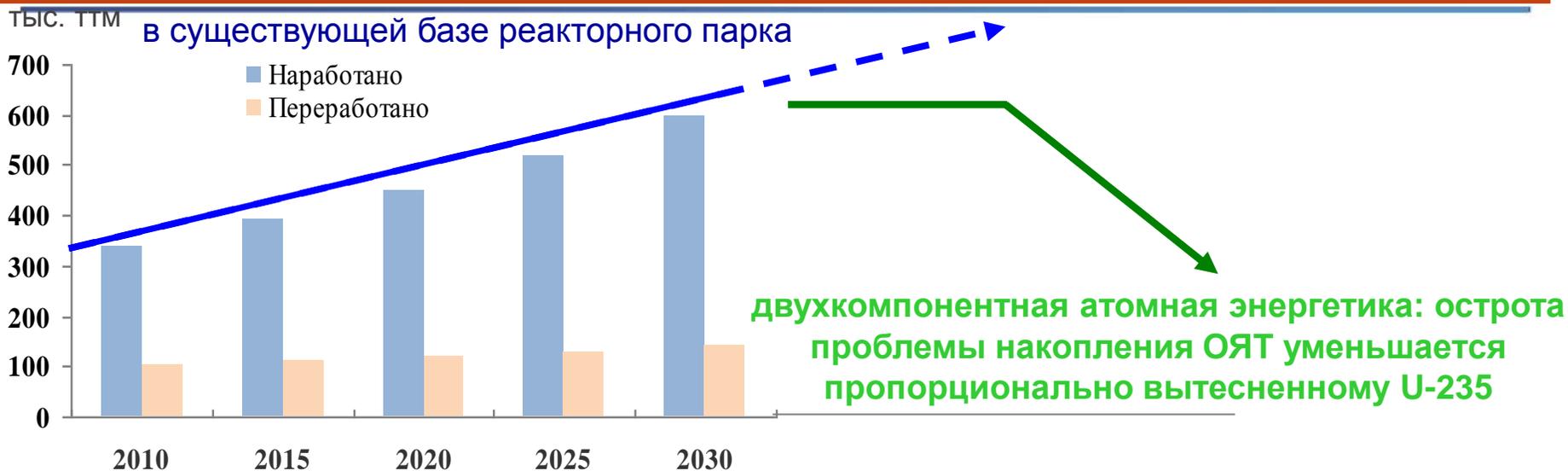


Rep U, Pu – полезные продукты

минорные актиниды (Np, Am) – дожигание в РБН

остеклованные ВАО (Sr, Cs) ~ 2 м³ с 1 ГВт атомной генерации в год
срок спада активности 300 лет

ПАРК РЕАКТОРОВ НА БЫСТРЫХ НЕЙТРОНАХ – КОМПОНЕНТ ГЛОБАЛЬНОГО ЗЯТЦ (РБН + РТН)



Переход к новой двухкомпонентной системе атомной генерации возможен путем:

- включения РБН в национальные энергосистемы
- кооперации компаний, эксплуатирующих РБН, с компаниями, эксплуатирующими РТН
- создания международных центров

Успехи России в развитии технологий, строительства и эксплуатации РБН создали реальную основу для замыкания ЯТЦ в Российской Федерации, для других стран мы готовы обсуждать варианты международного сотрудничества