



РОСАТОМ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Существующие и разрабатываемые технологии переработки ОЯТ

Госкорпорация «Росатом»

Анжелика Хаперская

Старший менеджер

Проектный офис «Формирование системы обращения с ОЯТ»”.

31.10.2013

Переработка ОЯТ является заключительным этапом ЗЯТЦ, призванная наряду с добычей и переработкой природного урана, решить проблему обеспечения ядерной энергетике топливом на основе наработанных и рециклированных делящихся материалов.



Современное состояние развития ядерных технологий характеризуется переходом к новой технологической платформе на основе расширенного воспроизводства топлива и сжигания плутония, америция, кюрия и нептуния в быстрых энергетических ядерных реакторах нового поколения, в том числе с жидкометаллическим теплоносителем, а также трансмутацию долгоживущих и других радиотоксичных ПД. Это позволит обеспечить полное вовлечение в топливный цикл природного урана, обеспечить многократное использование рециклированных делящихся материалов в быстрых реакторах и радикально снизить количество радиоактивных отходов, направляемых на длительное хранение и захоронение.

Национальные и международные программы, поддерживающие развитие новых методов переработки ОЯТ



- **INPRO** (International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles) Международный проект по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам и многонациональный подход (multinational approach – MNA) к топливному циклу, предложенные Россией и МАГАТЭ
- **GNEP** (Global Nuclear Energy Partnership) программа США «Глобальное ядерно-энергетическое партнерство»
- **GIF** (Generation IV International Forum) – программа «Международный форум Поколение IV»;
- **AFCI** (Advanced Fuel Cycle Initiative) – программа США «Инициатива по усовершенствованному топливному циклу»
- Российская инициатива по созданию международных центров для обеспечения услугами ЯТЦ
- **FaCT** (Fast reactor Cycle Technology development) – разработка технологии ЯТЦ быстрых реакторов в Японии ;
- исследования и разработки, проводимые во Франции в соответствии с законом от 2006г. по обращению с ОЯТ и ядерными отходами

Требования, предъявляемые к радиохимическим технологиям переработки ОЯТ на современном этапе



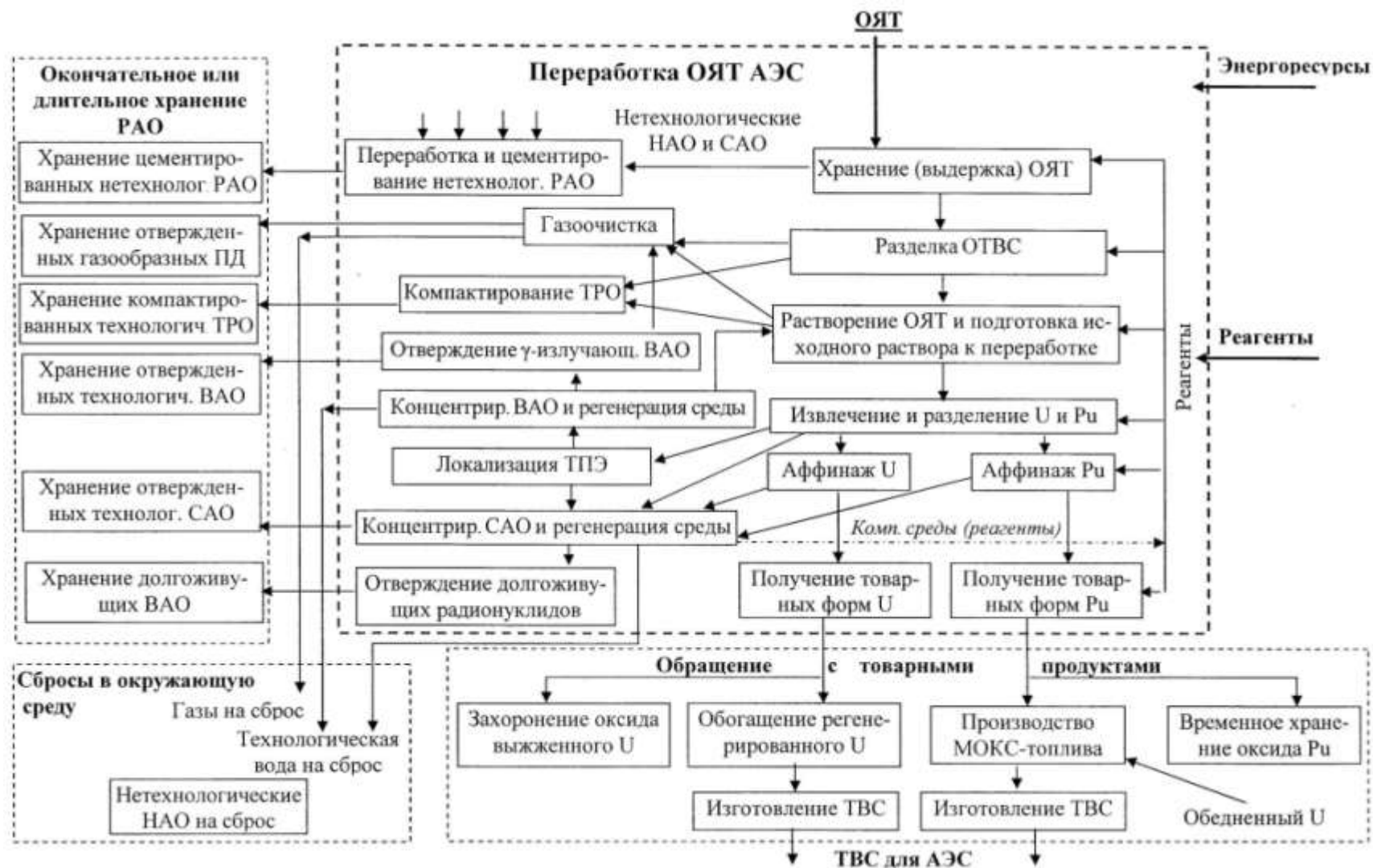
- эффективность переработки ОЯТ с учетом номенклатуры извлекаемых компонентов;
- высокий уровень безопасности для обслуживающего персонала и окружающей среды;
- экономичность и конкурентоспособность выбранной технологии;
- надежность, простота и энергоэффективность как отдельных стадий, так и всей технологической линии;
- минимизация технологических операций выделения требуемой номенклатуры продуктов;
- удовлетворение по качеству выделяемых продуктов в процессах их дальнейшего использования;
- соблюдение гарантий нераспространения делящихся материалов;
- минимизация объемов радиоактивных отходов всех видов, отправляемых на хранение и последующее захоронение;
- удовлетворение стандартам на содержание радиоактивных компонентов в сбросных растворах и газовых сбросах;
- увеличение доли рециклируемых материалов и реагентов в технологии переработки ОЯТ и в ЯТЦ;
- универсальность технологии переработки ОЯТ по отношению к разнородному ядерному топливу;
- сочетание модульности и быстрой перенастройки технологической линии для переработки различных видов ОЯТ;

ВОДНО-ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ связаны с переводом извлеченного из твэлов отработавшего топлива в водные растворы, как правило, азотнокислые водные растворы, с последующим извлечением делящихся материалов и их очистку от ПД из водных растворов. Для выделения или очистки от ПД делящихся материалов - осадительный, экстракционный, сорбционный, мембранный и др. методы

НЕВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, где топливную композицию перерабатывают либо в расплавах солей, либо в газовой фазе, либо в расплавах металлов. Для выделения или очистки от ПД делящихся материалов - пирометаллургический, пироэлектрохимический, газофторидный. методы

КОМБИНИРОВАННЫЕ ИЛИ СМЕШАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (водно-химический, так и неводный передел).

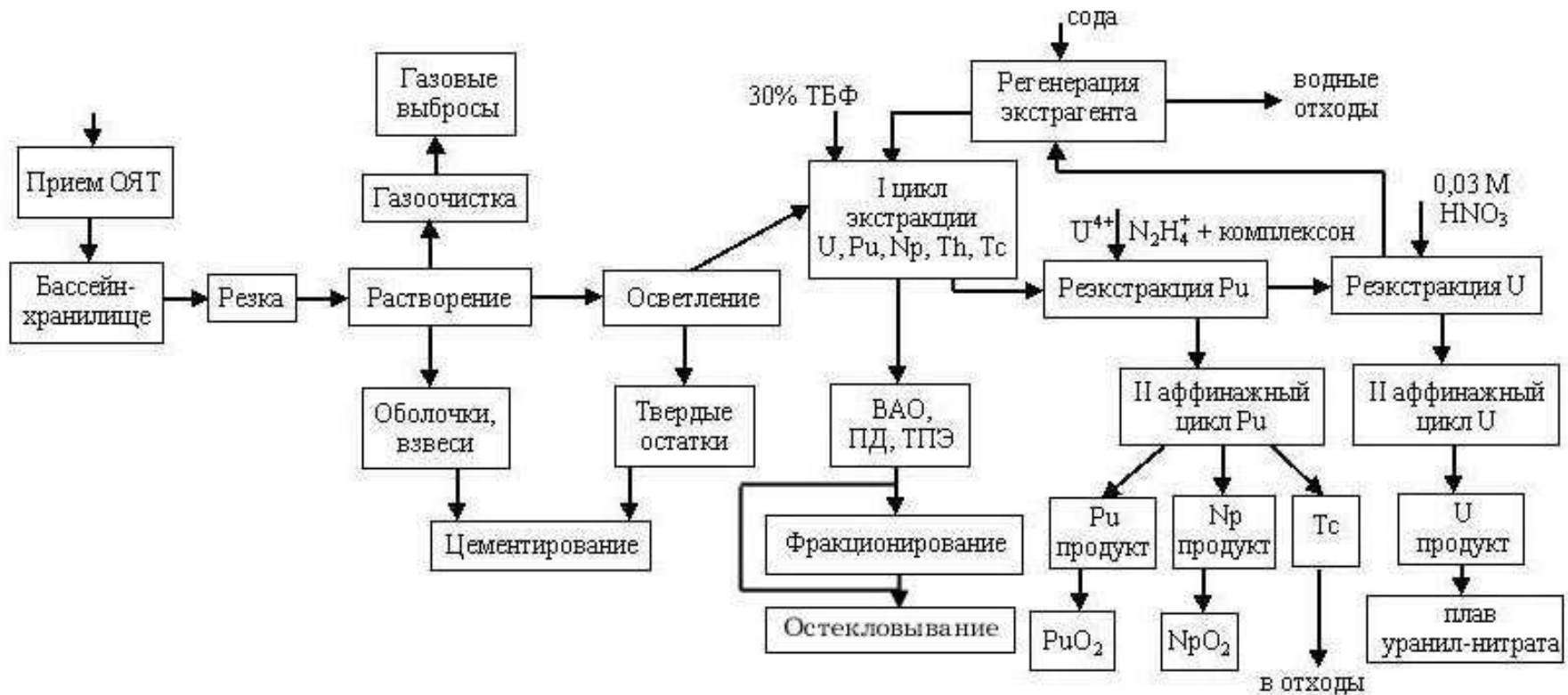
Структурная схема производства по переработке ОЯТ АЭС и ее связей со смежными элементами ЗЯТЦ



Промышленная водно-химическая технология переработки ОЯТ: PUREX – процесс

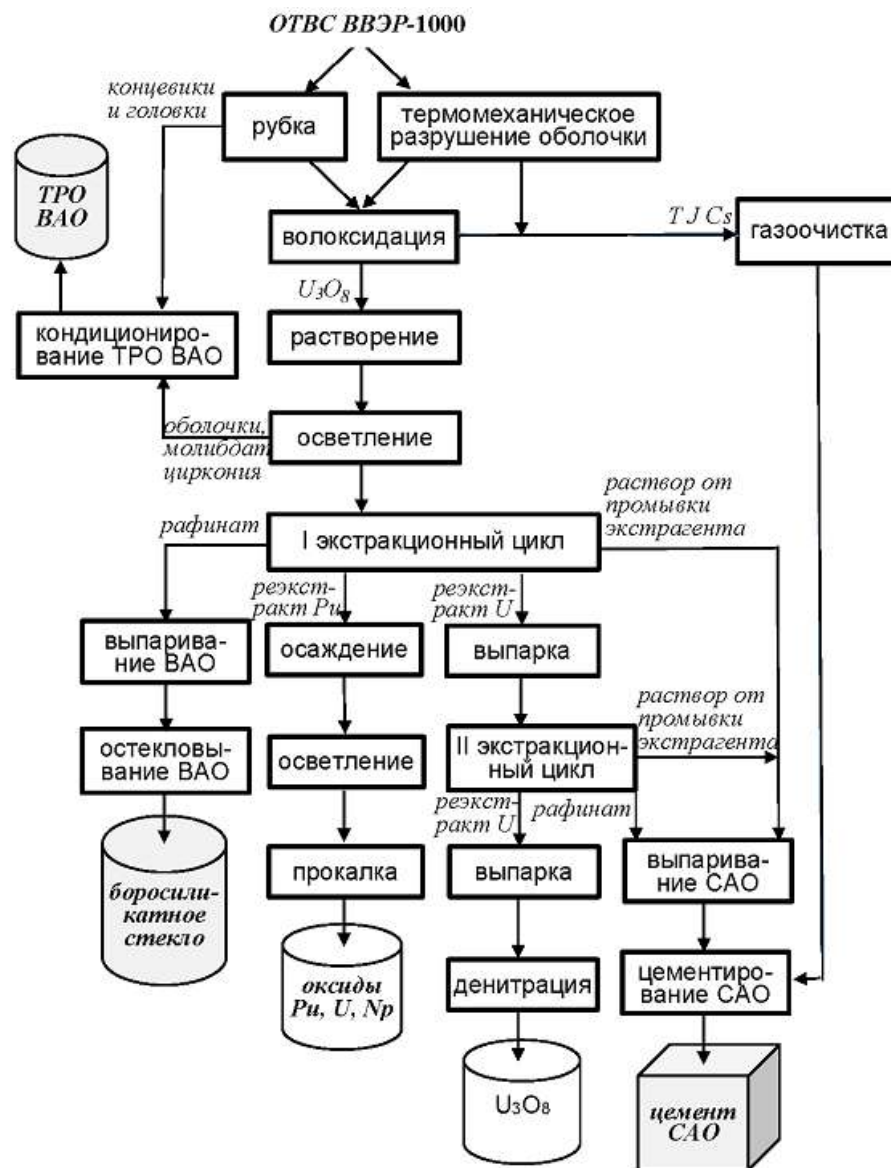


РОСАТОМ

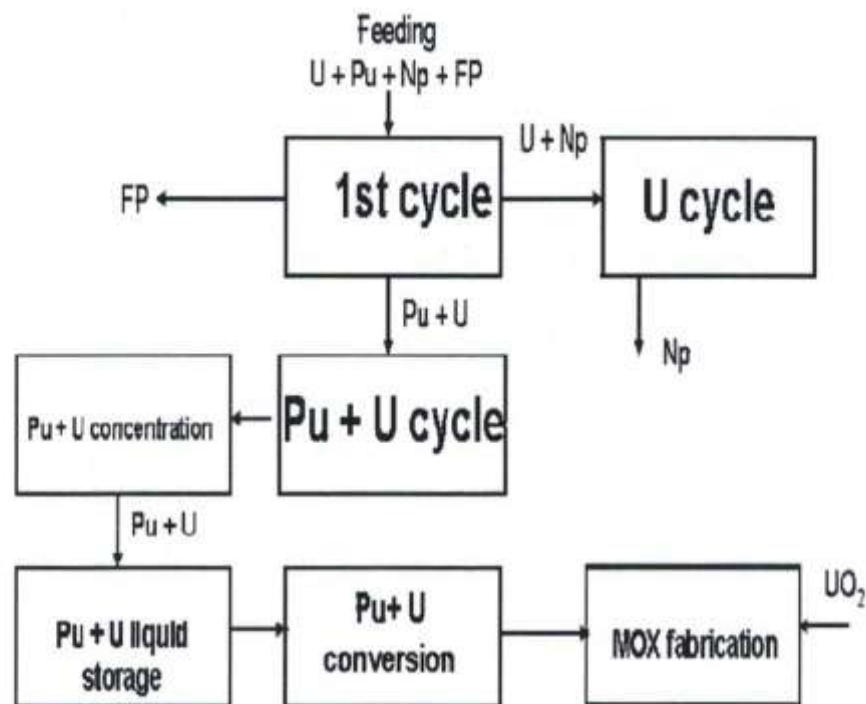




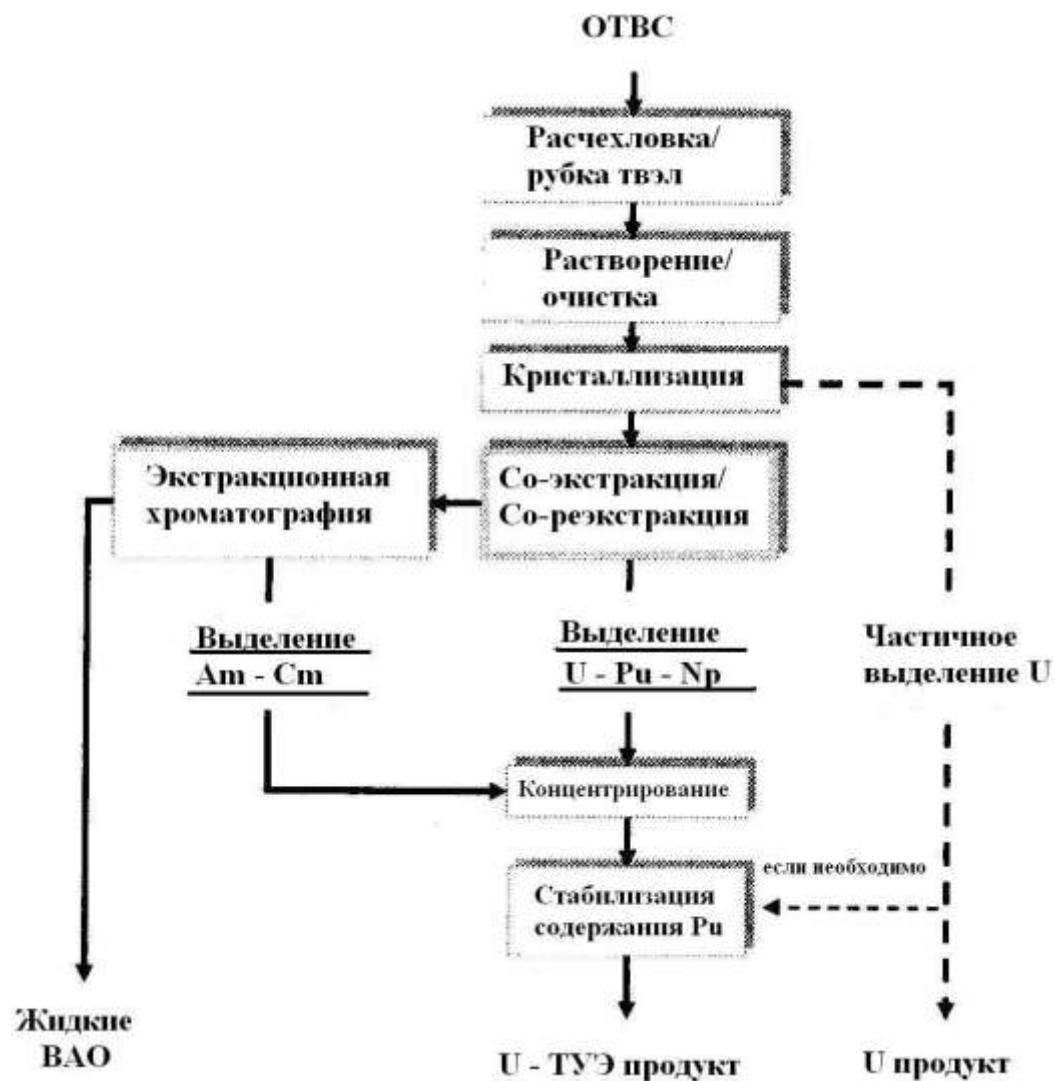
Упрощенный Пурекс процесс



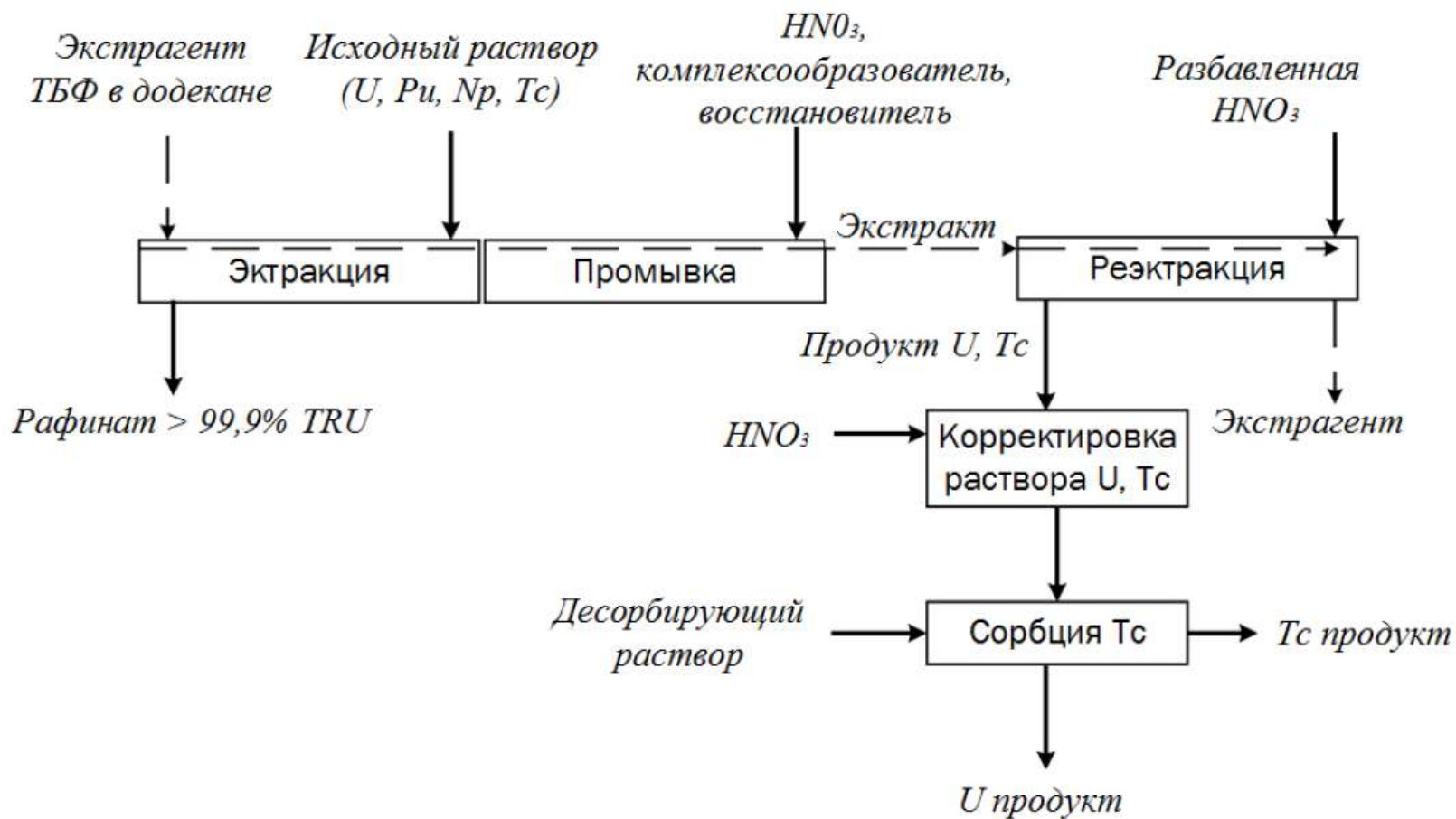
- **COEX™ процесс**
Франция -



Принципиальная блок-схема NEXТ процесса



Принципиальная технологическая схема UREX процесса



Процесс	1-й продукт	2-й продукт	3-й продукт	4-й продукт	5-й продукт	6-й продукт	7-й продукт
UREX+1	U в.ч.*	Tc, I	Cs, Sr	Др. ПД	ТУЭ+Ln		
UREX+1a	U в.ч.	Tc, I	Cs, Sr	ПД+Ln	ТУЭ г.э.**		
UREX+1b	U в.ч.	Tc, I	Cs, Sr	ПД+Ln	U+ТУЭ г.э.		
UREX+2	U в.ч.	Tc, I	Cs, Sr	Др. ПД	Pu + Np	Am+Cm+Ln	
UREX+2a	U в.ч.	Tc, I	Cs, Sr	Др. ПД	U+Pu+Np	Am+Cm+Ln	
UREX+3	U в.ч.	Tc, I	Cs, Sr	ПД+Ln	Pu+Np	Am + Cm	
UREX+3a	U в.ч.	Tc, I	Cs, Sr	ПД+Ln	U+Pu+Np	Am + Cm	
UREX+4	U в.ч.	Tc, I	Cs, Sr	ПД+Ln	Pu+Np	Am	Cm
UREX+4a	U в.ч.	Tc, I	Cs, Sr	ПД+Ln	U+Pu+Np	Am	Cm

* В.Ч. — ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ; * В.Ч. — ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ; ** Г. Э.

Опции выделения актинидов:

- Селективное выделение минор-актинидов для промежуточного хранения, далее – трансмутация в гетерогенной системе или в бланкете быстрых реакторов, или в ускорительных системах (DIAMEX-SANEX , Франция, TALSPEAK в США, в Японии).
- Групповое выделение актинидов для использования в интегрированном ЯТЦ (переработка и фабрикация) с перспективой их использования в гомогенном рециклинге в быстрых реакторах (GANEX во Франции , UREX+ в США, NEXT Японии, REPA в России).

в России

- Переработка ОЯТ в карбонатных средах (ГЕОХИ, ИОНХ РАН)
- Переработка ОЯТ в слабокислых нитратных растворах (РХТУ им.Д.И.Менделеева)

Другие инновационные процессы

- *Флюидная экстракция* (CO₂ или Freon) (Россия, Япония)
- *Ион-обменные процессы на базе смолы AR-01* (Япония и бельгия) или на базе аминной смолы (Япония)
- *Осадительные процессы (тетрафенил борат* На Япония)

- **1. Фторидная + водная**
 - FLUOREX процесс (Япония)
 - КАРБОФТОРЭКС процесс- Россия (ВНИИХТ + РХТУ им. Менделеева)
- **2. Пироэлектрохимическая + водная**
- **Россия, разрабатываемый Полифункциональный радиохимический исследовательский комплекс (НИИАР+ВНИИНМ)**

В основе концепции по развитию и совершенствованию радиохимических технологий переработки ОЯТ заложены следующие положения:



- снижение себестоимости электроэнергии, вырабатываемой ядерной энергетикой;
- совершенствование технологий ЗЯТЦ для долговременного обеспечения ядерной энергетики необходимым количеством ядерного топлива;
- повышение уровня безопасности ядерных энергетических установок на основе развития новых реакторов III и IV поколений;
- снижение объемов радиоактивных отходов, подлежащих длительному хранению и захоронению на основе процессов сжигания и трансмутации высокоактивных ПД, прежде всего МА;
- совершенствование структуры ЗЯТЦ на основе фракционирования ПД и разработки новых схем обращения с различными фракциями ПД;
- снижение всех видов радиационной нагрузки на окружающую среду на основе совершенствования технологий обращения с жидкими, твердыми и газообразными РАО, выделения радиотоксичных нуклидов из всех видов РАО и их надежная изоляция от биосферы;
- соблюдение гарантий нераспространения делящихся материалов и повышение защиты от ядерного терроризма;

Спасибо за внимание

AVKhaperskaya@rosatom.ru