



РОСАТОМ

АО "Радиевый институт им. В.Г.Хлопина"



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

КОНЦЕПЦИЯ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ВАО С УХОДОМ ОТ ЗАХОРОНЕНИЯ В ГЛУБОКИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

АтомЭко-2017
21 – 22 ноября 2017 г.

к.т.н. Д.В. Рябков,
директор отделения
прикладной радиохимии

Атомная энергетика

Высокая энергоёмкость:

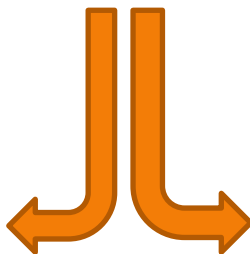
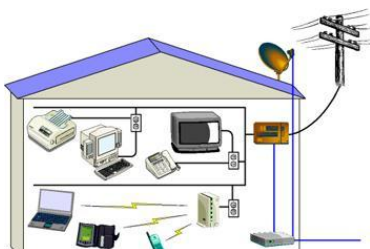
1 г U^{235} ~ 22 МВт*час



В мире электроэнергию производят 438 энергоблоков общей мощностью 372 ГВт.

На переработку поступает ~2000 т ОЯТ/год

Всего уже накоплено более 310 тыс. т ОЯТ; при этом ежегодно количество ОЯТ увеличивается примерно на 10,5 тыс. т.



ОЯТ

1 г ОЯТ ~ 1 Ки

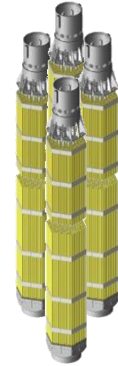
В России:

- **Накоплено ~ 22000 тон ОЯТ;**
- **Ежегодно выгружается ~ 700 т ОЯТ.**

В настоящее время основной задачей переработки ОЯТ АЭС как отходов энергетики является сокращение количества хранимого ОЯТ и Pu

(точнее, отказ от строительства новых хранилищ).

Подходы к обращению с ОЯТ



Переработка

Захоронение



Долговременное хранение



Франция, Россия,
Великобритания,
Япония, Индия, Китай

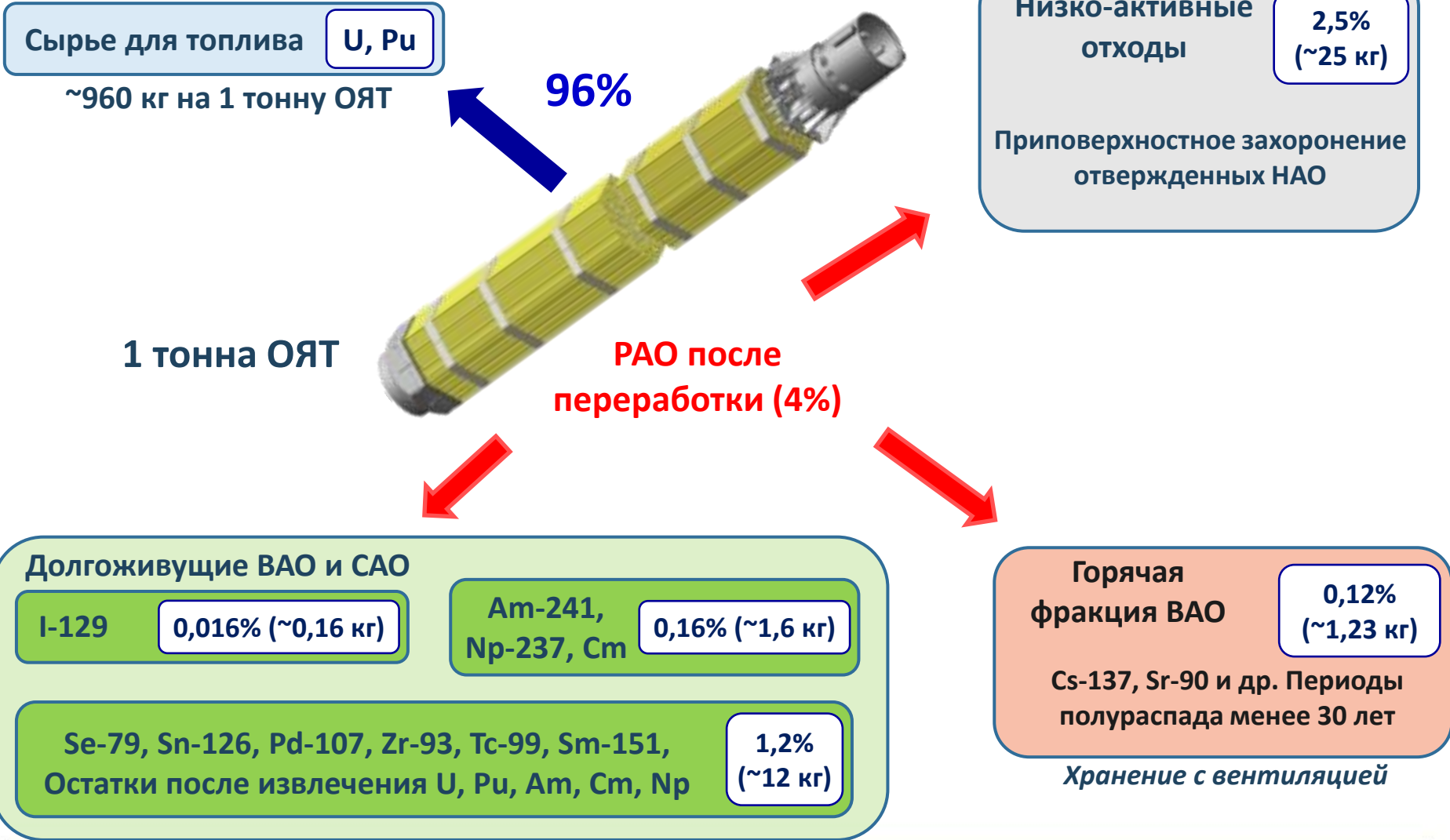
Швеция, Финляндия,
США, Канада, Испания

Что делать с продуктами
переработки?

Продукты переработки ОЯТ

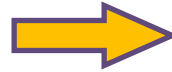


РОСАТОМ



1

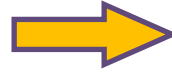
Повторное использование ценных продуктов переработки



Решение связано с реализацией концепции использования РЕМИКС-или МОКС-топлива

2

Переработка без дорогостоящего захоронения ВАО в геологические формации



Решение возможно в рамках создания технологии завода 4-го поколения

Инфраструктура обращения с ОЯТ в России



РОСАТОМ

Может ли каждая страна иметь собственный геологический могильник ?

Масштабная реконструкция

Получение двуокиси Рu



Получение Урега для РБМК и РНВР

Хранилище ОЯТ «крого» и «сухого» типа

ДЦ по переработке ОЯТ (вод в эксплуатацию в 2020 году)

Объект окончательной утилизации ВАО в глубоких геологических формациях

00

Действующие тарифы на захоронение РАО



Стоимость захоронения отходов 3-го класса ниже 1-го класса на порядок.
Экономия на стоимости ПГЗРО!

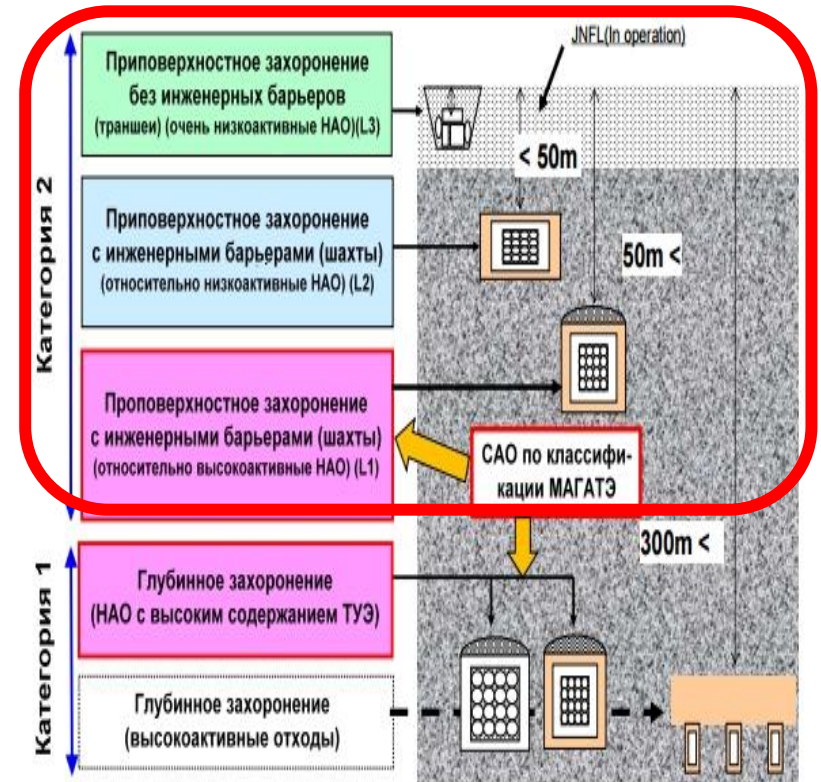
Классификация РАО в Японии



РОСАТОМ

в Японии и Европе отсутствует понятие САО. РАО подразделяются на две категории – ВАО и НАО

		Очень низкоактивные (L3)	Относительно низкоактивные (L2)	Относительно низкоактивные (L1)
Глубина захоронения		Приповерхностное: < 50 м		Приповерхностное: > 50 м
Система инженерных барьеров (СИБ)		Без СИБ	С СИБ	С высокотехнологичной СИБ
		В траншеях	В бетонных шахтах	
Активный контроль		~ 50 лет	~ 300 - 400 лет	
Верхний предел концентрации (Бк/г отходов)	C-14	-	10^{11}	10^{16}
	Cl-36	-	-	10^{13}
	Co-60	10^{10}	10^{15}	-
	Ni-63	-	10^{13}	-
	Sr-90	10^7	10^{13}	-
	Tc-99	-	10^9	10^{14}
	I-129	-	-	10^{12}
	Cs-137	10^8	10^{14}	-
	Альфа	-	10^{10}	10^{11}



Состав ВАО ОЯТ ВВЭР-1000 (50 ГВт·сут/т U, 7 лет)



РОСАТОМ

Нуклид	$T_{1/2}$	A, ТБк/т ОЯТ	Нуклид	$T_{1/2}$	A, ТБк/т ОЯТ
U-232	68,9 лет	$3,5 \times 10^{-6}$	Ba-137m	2,6 мин	4162
U-235	$7,0 \times 10^8$ лет	$9,7 \times 10^{-7}$	Cs-134	2,1 лет	918
U-236	$2,3 \times 10^7$ лет	$1,9 \times 10^{-5}$	Cs-137	30 лет	4337
U-238	$4,5 \times 10^9$ лет	$1,6 \times 10^{-5}$	Y-90	64,1 час	3023
Pu-236	28,5 лет	$1,4 \times 10^{-5}$	Sr-90	29 лет	3023
Pu-238	87,7 лет	0,29	Eu-154	8,8 лет	212
Pu-239	$2,4 \times 10^4$ лет	0,022	Eu-155	5,0 лет	48
Pu-240	$6,5 \times 10^3$ лет	0,038	Pr-144	17,3 мин	92
Pu-241	14,4 лет	6,9	Pm-147	2,6 лет	1012
Pu-242	$3,8 \times 10^5$ лет	$1,8 \times 10^{-4}$	Sm-151	90,0 лет	14
Np-237	$2,1 \times 10^6$ лет	$4,1 \times 10^{-4}$	Ce-144	284,3 сут	92
Am-241	$4,3 \times 10^2$ лет	60	Rh-106	29,9 с	23
Am-243	$7,4 \times 10^3$ лет	1,3	Ru-106	368,2 сут	23
Cm-242	163,2 сут	0,25	Zr-93	$1,5 \times 10^6$ лет	0,05
Cm-243	28,5 лет	0,90	Tc-99	$2,1 \times 10^5$ лет	0,6
Cm-244	18,1 лет	155	Sb-125	2,8 лет	69
Cm-245	$8,5 \times 10^3$ лет	0,032	Te-125m	58 сут	16

Расширение потенциала технологии Пурекс-процесса при переработке ОЯТ за счет фракционирования ВАО:

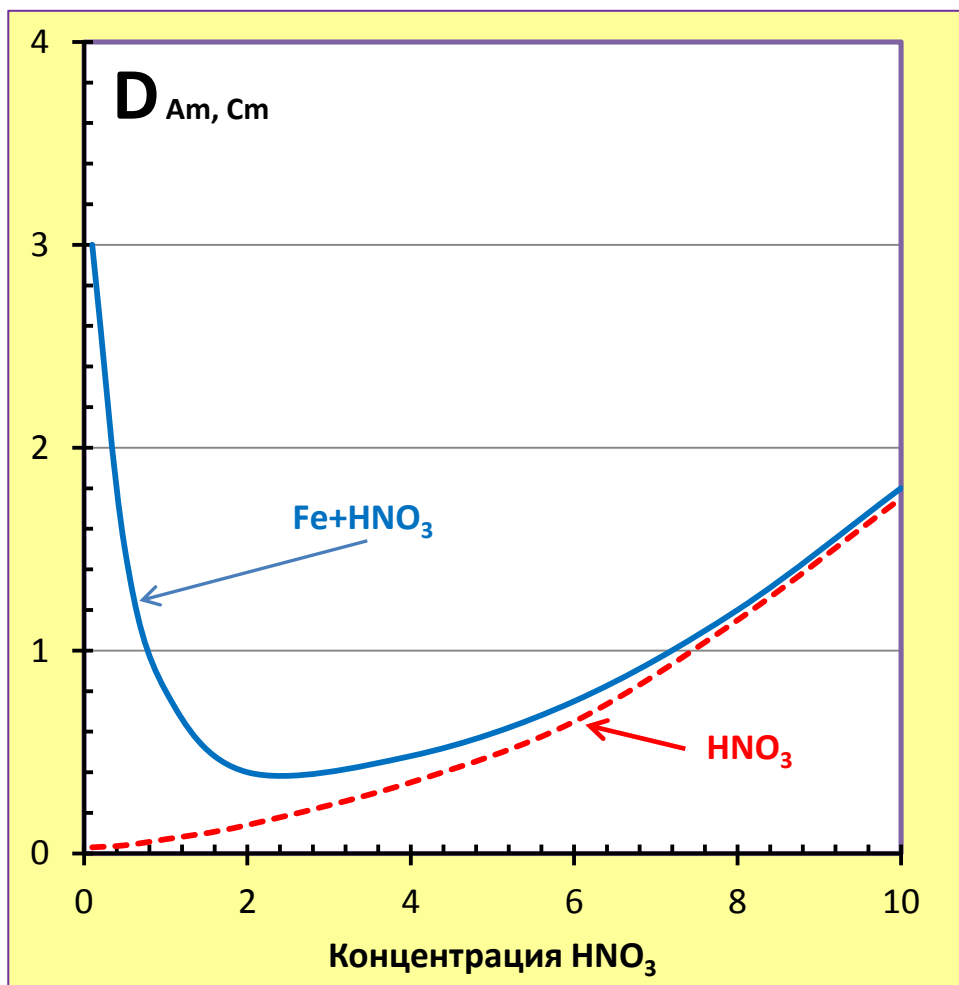
Получение фракций:

- РЗЭ+ПД – **возврат**;
- Cs+ Sr – выдержка ;
- Долгоживущая фракция (Сm, Am, Np, Tc, и т.д.) для трансмутации.

Создание потенциальных условий для прекращения захоронения ВАО в геологические формации.



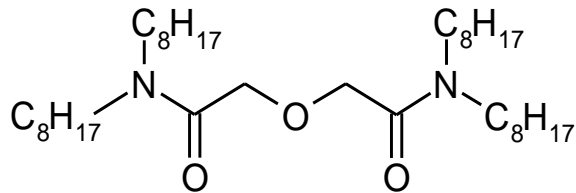
Влияние высаливателя на экстракцию ТПЭ с помощью ТБФ



Присутствие высаливателя значительно увеличивает экстракцию ТПЭ, с ростом концентрации азотной кислоты эффект высаливания подавляется.

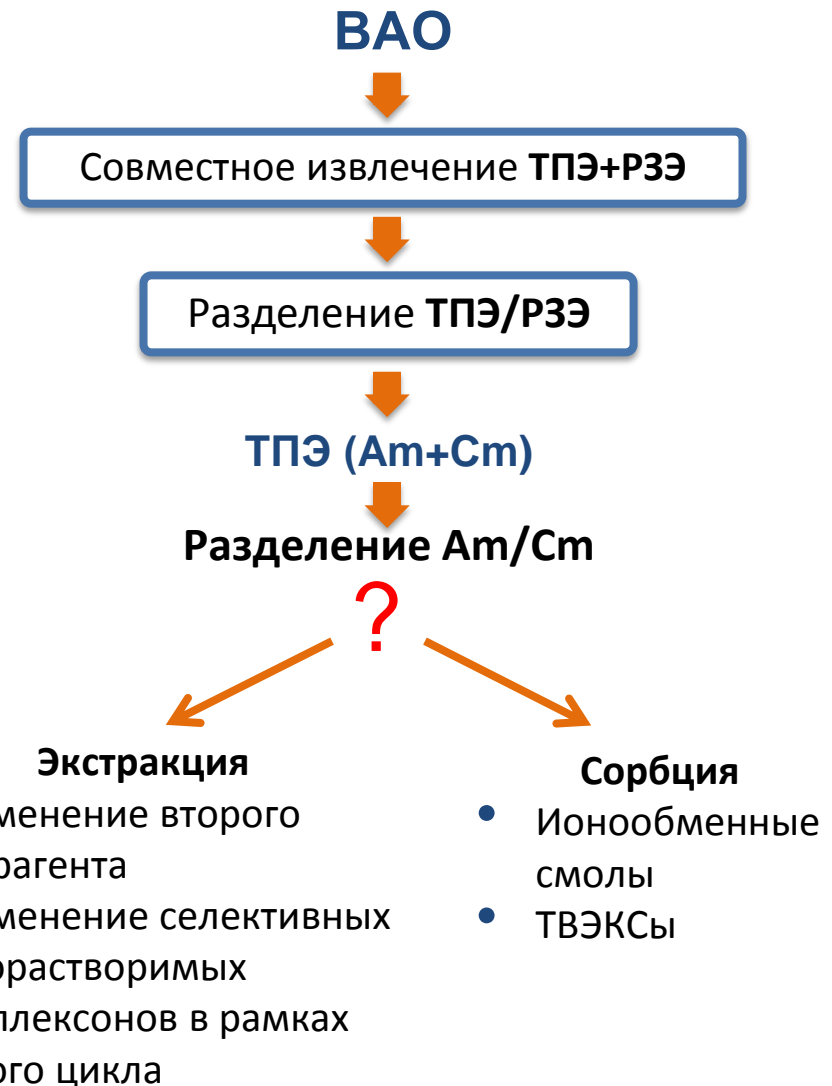
Выделение трансплутониевых элементов (Am, Cm)

Экстрагент для выделения ТПЭ (наиболее изученный на сегодня)



TODGA

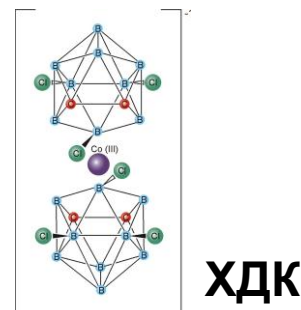
- Эффективное извлечение ТПЭ из азотнокислых сред
- Достаточно высокая устойчивость к радиолизу
- Растворимость во многих изветных разбавителях – как легких, так и тяжелых
- Совместимость с ТБФ
- Возможность разделения РЗЭ и ТПЭ
- Возможность выделения Sr



Выделение Cs и Sr

❑ Экстракционные процессы на основе ХДК

- ХДК-процесс (Cs + Sr)
- UNEX-процесс (Cs + Sr + ТПЭ)
- UNEX-T - процесс (ТПЭ; Cs + Sr)

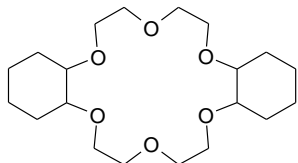


❑ Экстракция TODGA (Sr)

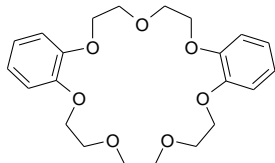
ВАО → Извлечение ТПЭ+РЗЭ → рафинат → Извлечение Sr

Экстракт на разделение ТПЭ/ РЗЭ

❑ Экстракция краун-эфирами (Sr)

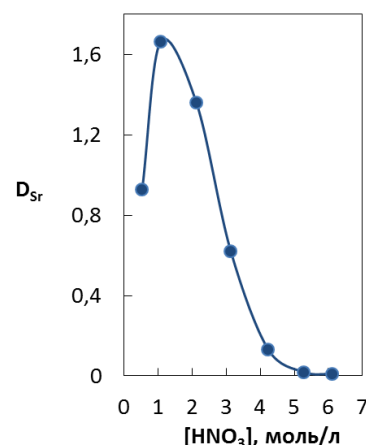


ДЦГ18К6

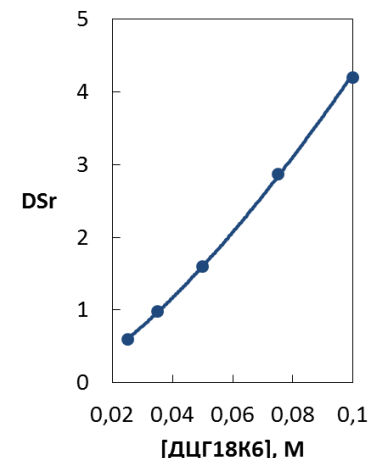


ДБ21К67

❑ Выделение Cs – сорбция



Экстракция Sr
0,1 М TODGA



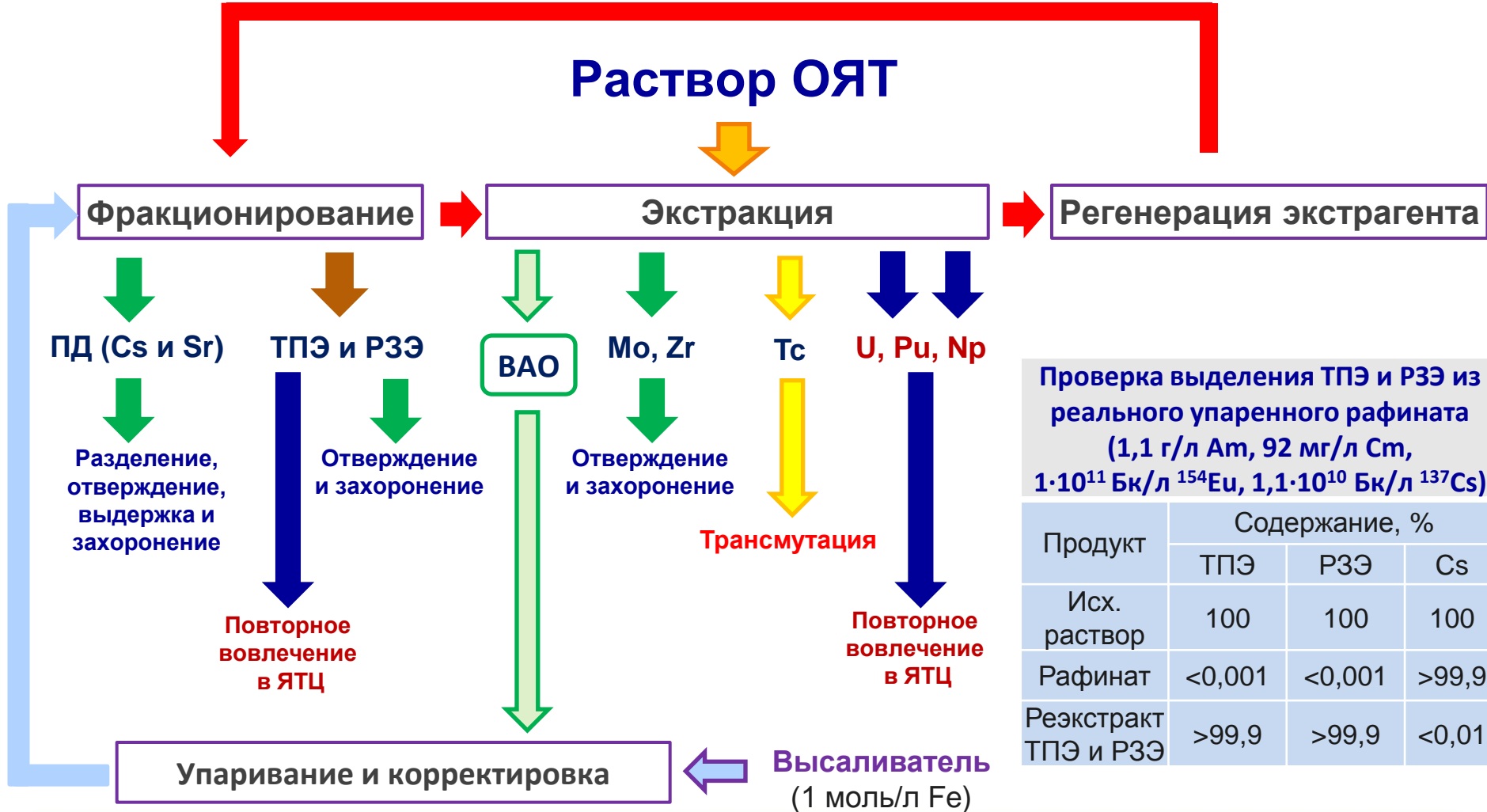
Экстракция Sr
ДЦГ18К6

Универсальный Пурекс-процесс – технология для завода 4-го поколения



Экстрагент (50% ТБФ + углеводородный разбавитель)

Раствор ОЯТ



Проверка выделения ТПЭ и РЗЭ из реального упаренного рафината (1,1 г/л Am, 92 мг/л Cm, $1 \cdot 10^{11}$ Бк/л ^{154}Eu , $1,1 \cdot 10^{10}$ Бк/л ^{137}Cs)

Продукт	Содержание, %		
	ТПЭ	РЗЭ	Cs
Исх. раствор	100	100	100
Рафинат	<0,001	<0,001	>99,9
Реэкстракт ТПЭ и РЗЭ	>99,9	>99,9	<0,01



Благодарю за внимание!