



РОСАТОМ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»

Возможность «облагораживания» плутония в БН-800

Клинов Д.А., Гулевич А.В., Елисеев В.А., Усанов В.И., Декусар В.М.,
Тормышев И.В., Бурьевский И.В., Долгих В.П., Мишин В.А.

27.11.2019

Двухкомпонентная ядерная энергетика

Концепция двухкомпонентной ядерной энергетики основывается на использовании быстрых и тепловых реакторов. Роль быстрых реакторов, помимо выработки электроэнергии, так же стоит в том, что они должны обеспечить наработать МОКС топливо и утилизировать ОЯТ тепловых реакторов.

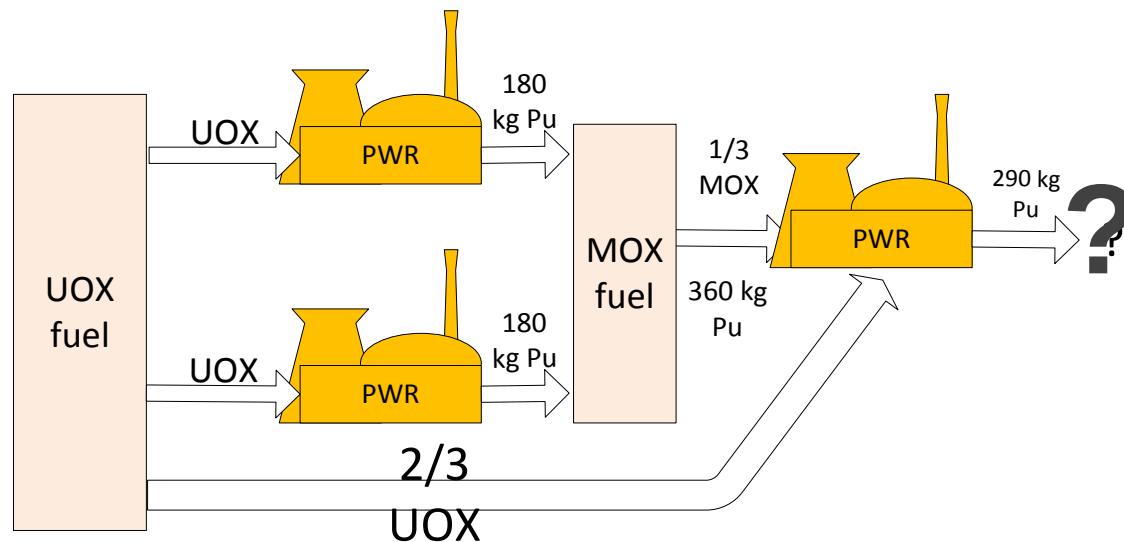
В России МОКС в тепловых реакторах не используется, а в мировой ядерной энергетике уже более 40 энергоблоков PWR (только в Европе) используют МОКС топливо.

Двухциклическая ядерная энергетика Франции.

Во Франции из ОЯТ, полученного от уранового топлива, перерабатывают и получают МОКС топливо, которое повторно загружают в тепловой реактор.

Но полученный при переработке ОЯТ МОКС топлива плутоний невозможно повторно использовать в тепловых реакторах из-за высокого содержания пороговых изотопов.

В результате происходит накопление плутония, непригодного для тепловых реакторов.

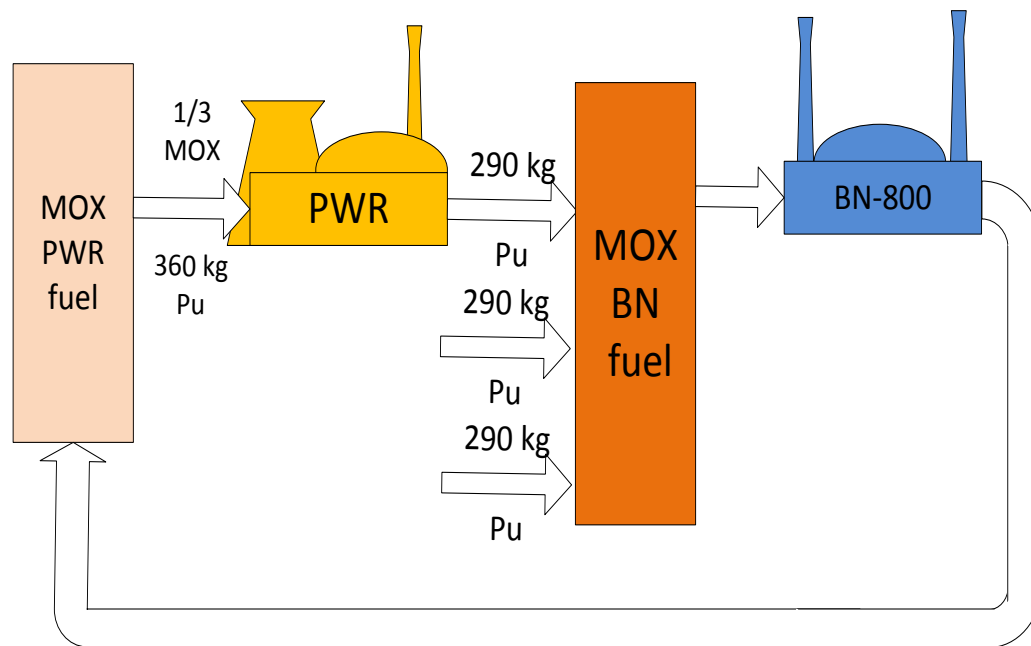


Накопление плутония.

Реактор	PWR	
	ОЯТ УОКС	ОЯТ МОХ
Pu238	2.5	3.7
Pu239	57.6	39.5
Pu240	21.7	35.0
Pu241	11.6	7.9
Pu242	5.7	13.1
Am241	0.9	0.8
Доля пороговых	30.8	52.6
Загрузка Pu, кг/год	0 (100%UOX)	360 (33%MOX)
Выгрузка Pu, кг/год	180	290

Возможное решение проблемы многократного повторного использования ядерного топлива

В 2013 году специалисты Франции и России предложили решение проблемы повторного использования ОЯТ тепловых реакторов с сохранением баланса между производством и потреблением Pu в условиях стабилизации спроса на ядерную энергию в системе тепловых и быстрых реакторов и замкнутым ЯТЦ. Была рассмотрена схема с ОЯТ МОКС топлива в быстрых реакторах.

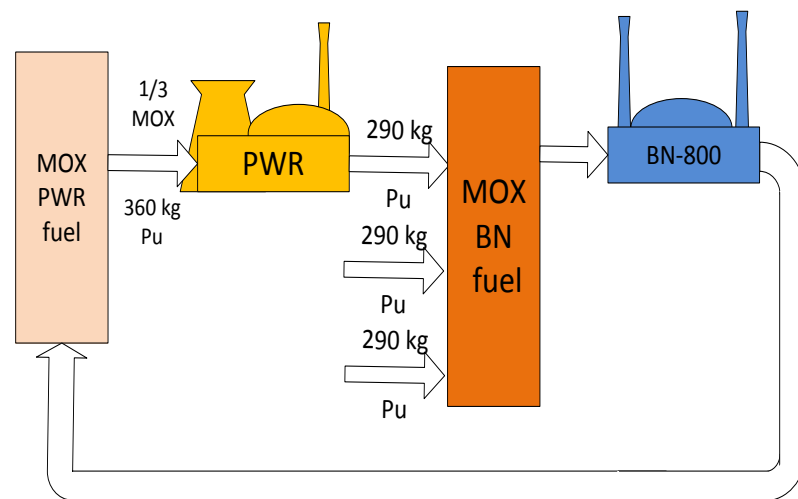


Экспорт услуг

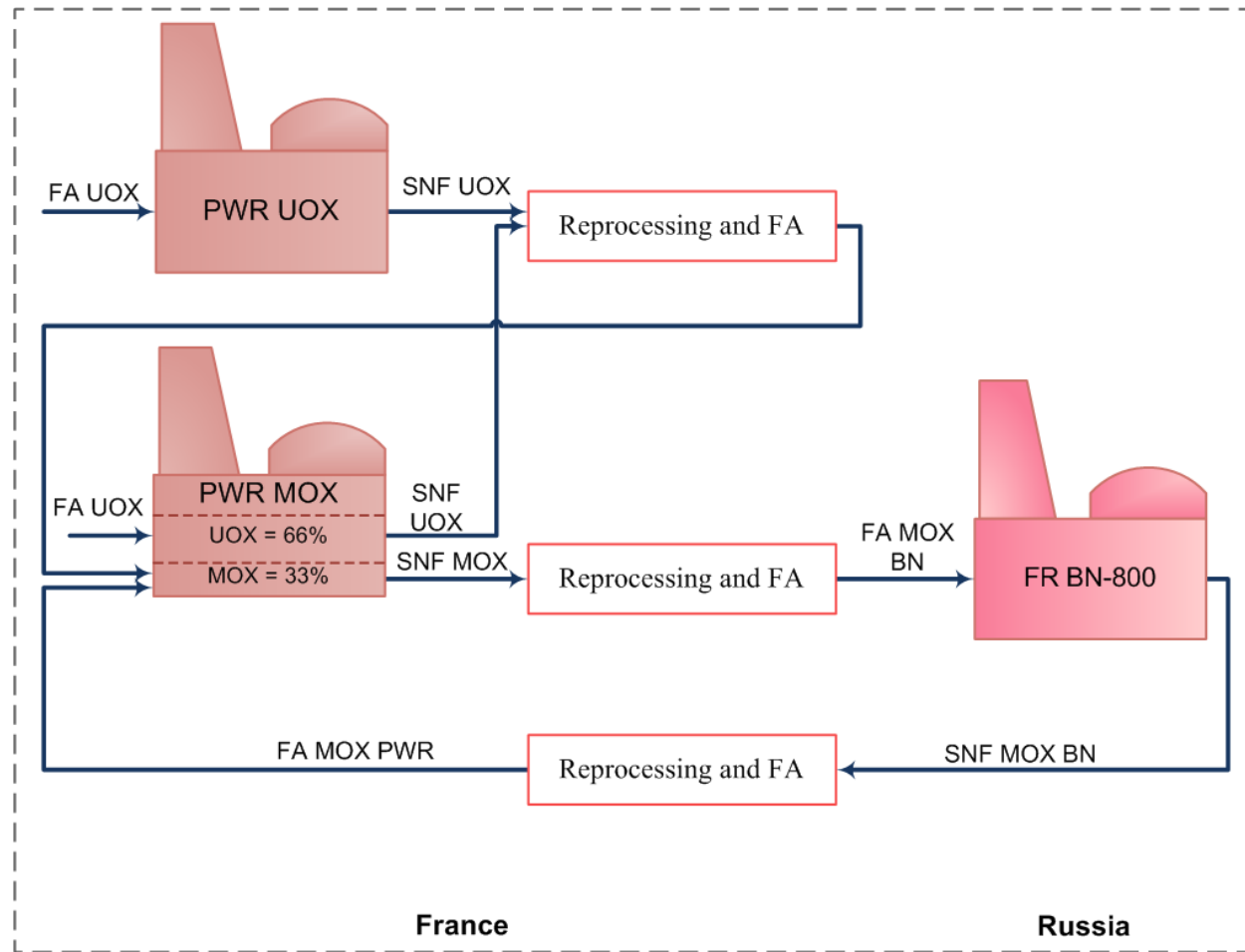
Быстрый реактор, в отличие от теплового, может работать с плутонием любого состава. Если в быстрый реактор загрузить плутоний с высоким содержанием пороговых изотопов, то после облучения в быстром спектре изотопный состав плутония изменится и может стать пригодным для повторного использования

быстрые энергетические реакторы работают только в России. БН-800 может работать на МОКС топливе, промышленное производство такого топлива сейчас осваивается на ГХК.

Имея быстрый реактор и МОКС топливо, становится возможным **экспорт услуг** - «облагораживание» иностранного плутония.



Потоки топлива в схеме российско-французского сотрудничества



Расчетные и аналитические исследования

- Взаимодействие с коллегами из EdF началось с уточнения изотопного состава плутония и минорных актинидов из МОКС-ОЯТ после однократного облучения в PWR, времени хранения и радиохимической переработки для долгосрочной и минимальной выдержки облученного плутония
- В текущий момент мы совместно зафиксировали, что целевой задачей является получение вектора Pu в ОЯТ БН-800 не хуже содержания в 61% по делящимся изотопам

$$\bullet \frac{Pu-239+Pu-241}{Pu-238+Pu-239+Pu-240+Pu-241+Pu-242+Am-241} * 100\% = 61\%$$

- Также зафиксирован изотопный состав Pu в загружаемом MOX топливе реактора БН-800

Pu-238	4,02 %
Pu-239	37,88 %
Pu-240	33,48 %
Pu-241	11,42 %
Pu-242	12,04 %
Am-241	1,16 %

Улучшение изотопного состава плутония в реакторе типа БН-800

- Годовая потребность в Pu реактора BN-800 ~**1,91 тонн**
- Таблица - изотопный состав Pu ОЯТ PWR: УОКС, МОКС, МОКС после облучения в БН-800.
- Рассмотрены два варианта реактора типа БН-800:
 - В активной зоне БН-800 на МОКС топливе без аксиальной прослойки
 - Вариант БН-800 с аксиальной прослойкой и без добавления Pu БЗВ

	1 Pu в ОЯТ УОКС топлива PWR	2 Pu в ОЯТ МОКС топлива PWR		3 ОЯТ БН-800	4 ОЯТ БН-800 с прослойкой
PU38	2.5	3.7		2.8	2.9
PU39	57.6	39.5		43.9	43.7
PU40	21.7	35.0		34.2	34.2
PU41*	11.6	7.9		6.8	6.8
PU42	5.7	13.1		12.3	12.4
AM41*	0.9	0.8		-	-
Ежегодная загрузка Pu, кг	0 (100% УОКС)	360 (33% МОКС)		1910 (6,5 загрузок PWR)	1910 (6,5 загрузок PWR)
Ежегодная выгрузка Pu, кг	180	290		1740	1950

Спасибо за внимание !