



ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕТЕРОГЕННОГО ВЫЖИГАНИЯ МИНОРНЫХ АКТИНИДОВ В ОТРАЖАТЕЛЕ БЫСТРОГО РЕАКТОРА

Каширина В.Е., Невиница В.А., Котов Я.А., Фомиченко П.А., Колесов В.В.

НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия

***Научно-практическая конференция «Нейтронно-физические
проблемы атомной энергетики (НЕЙТРОНИКА–2024)»***

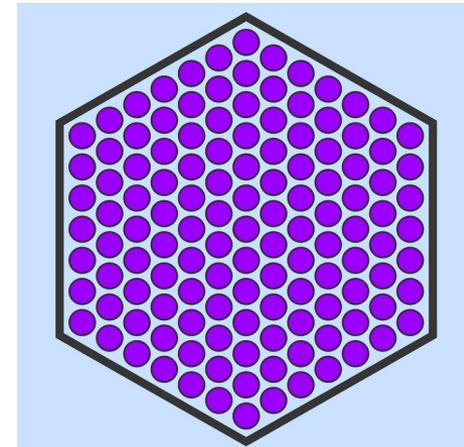
28-31 мая 2024 года
АО «ГНЦ РФ – ФЭИ», г. Обнинск



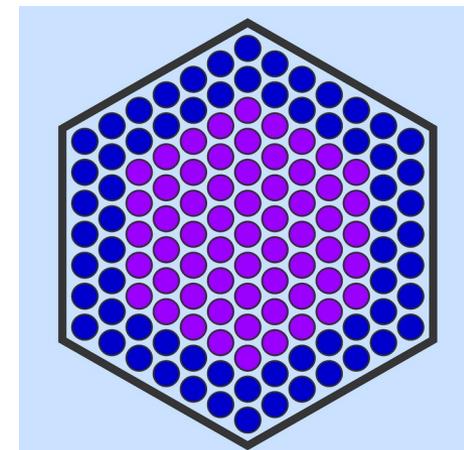
- Радиоактивность ОЯТ через несколько сотен лет после выгрузки из реактора определяется минорными актинидами. Минорные актиниды – долгоживущие радиоактивные изотопы америция, кюрия, нептуния. Их утилизация является одной из актуальных проблем ядерной энергетики.
- Стратегическим направлением развития ядерной энергетики в России является замыкание ядерного топливного цикла на основе быстрых реакторов и повторное использование урана, плутония и других трансурановых элементов из отработавшего ядерного топлива работающих реакторов.
- Целью данной работы является рассмотрение гетерогенного выжигания минорных актинидов в быстром реакторе и выявление влияния способов размещения минорных актинидов в реакторе на эффективность их выжигания.

- Расчетная модель построена на основе бенчмарка реактора БН-600 с МОКС топливом (МАГАТЭ)

Загрузка актинидов	Расположение в реакторе	Замедлитель
AmO ₂	В 1-ом ряду отражателя	B4C
		ZrH
		Без замедлителя
	Во 2-ом ряду отражателя	B4C
		ZrH
		Без замедлителя
NpO ₂	В 1-ом ряду отражателя	B4C
		ZrH
		Без замедлителя
	Во 2-ом ряду отражателя	B4C
		ZrH
		Без замедлителя

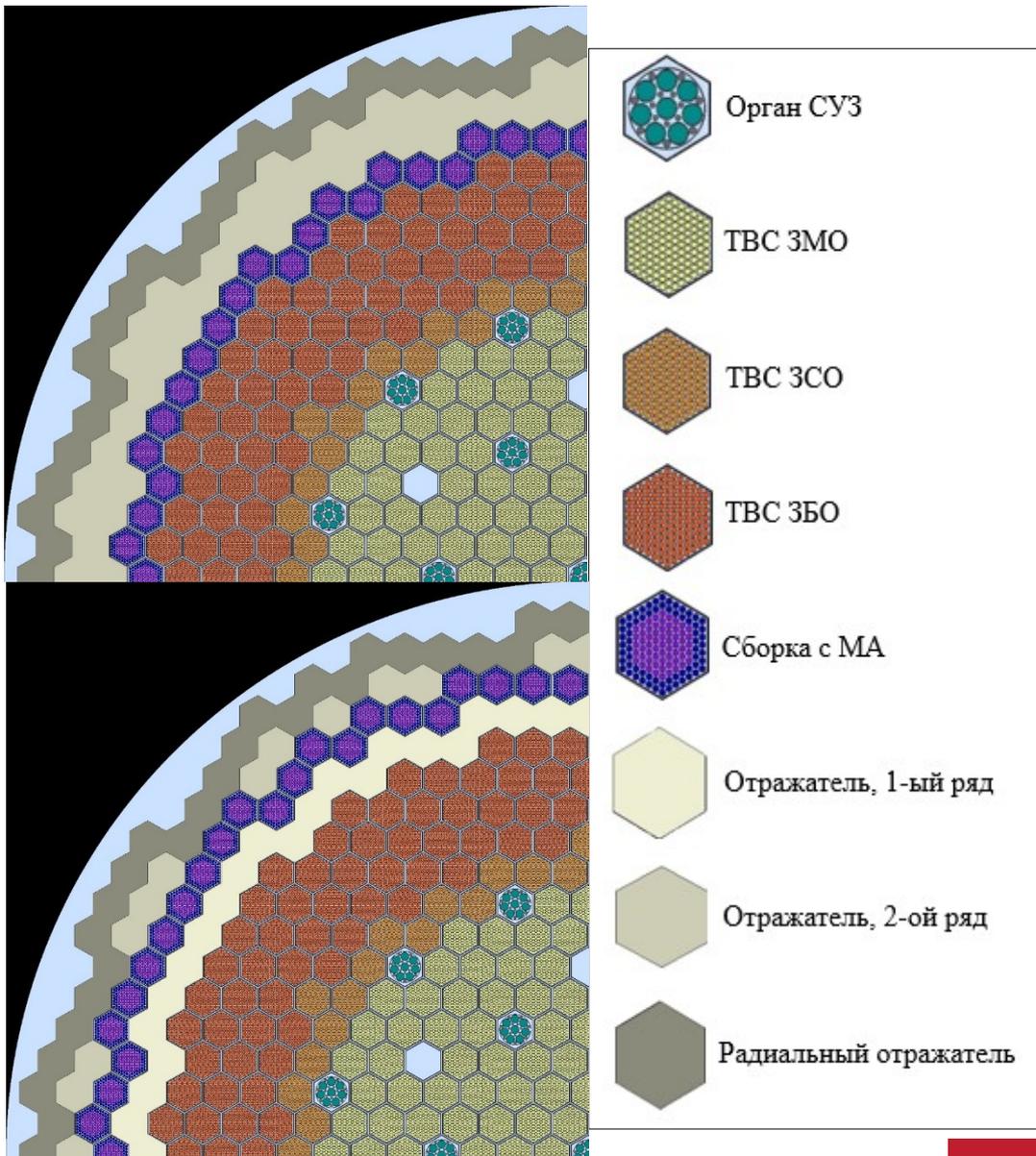


Сборка для выжигания актинидов без замедлителя
(• твэлы с актинидами)



Сборка для выжигания актинидов с замедлителем
(• твэлы с актинидами; • твэлы с замедлителем)

- Расчет выгорания проводился с использованием программного средства Serpent в течение **4-ех микрокампаний**.
- Длительность одной микрокампании 165 суток, длительность перегрузок – 30 суток. Общая длительность – 750 суток.

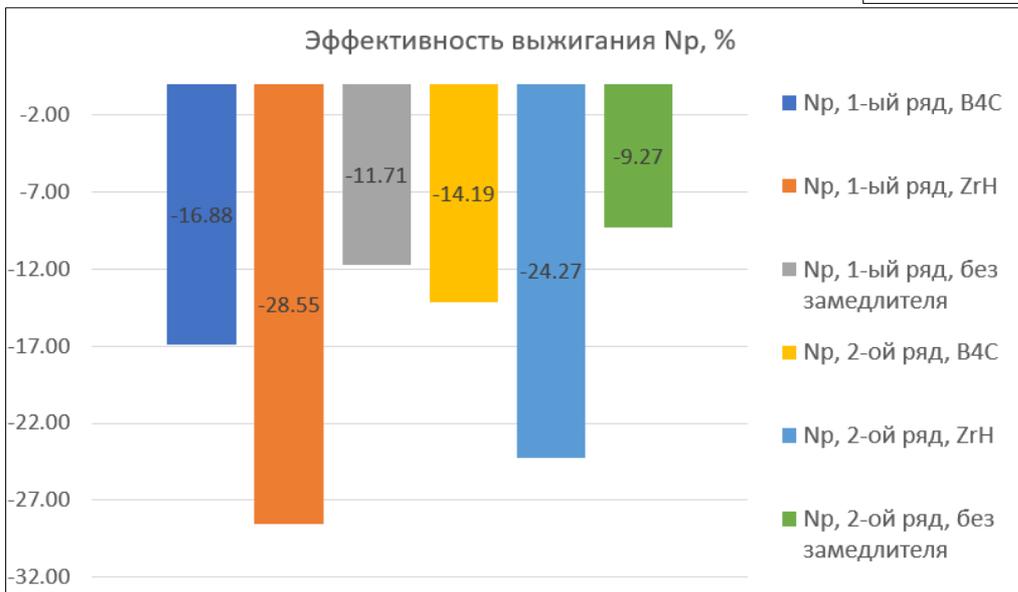
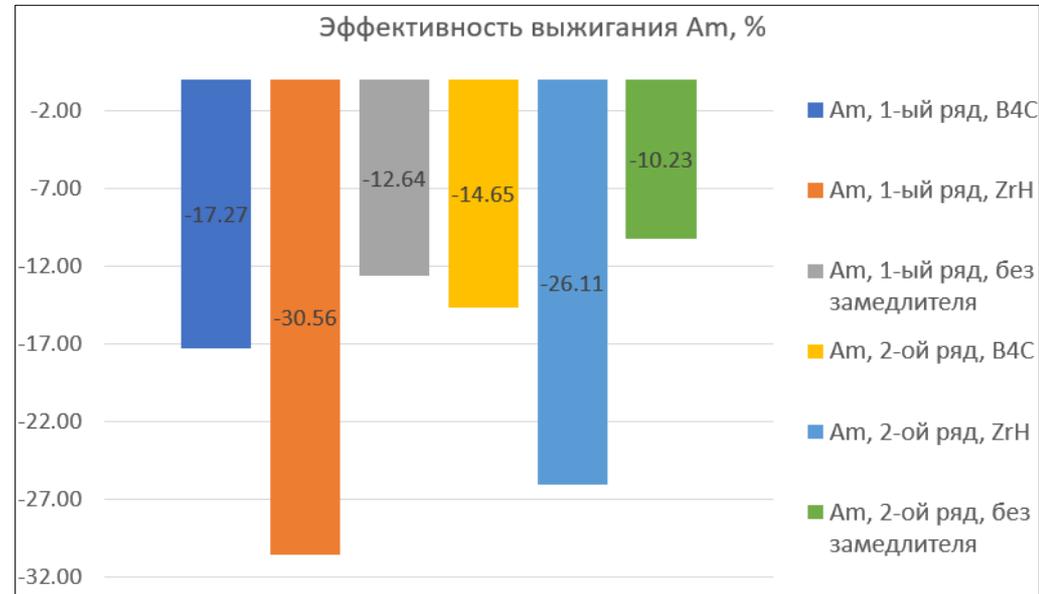


Результаты



Эффективность выжигания минорных актинидов после 4 микрокампаний и 8 лет выдержки

Под эффективностью подразумевается уменьшение массы америция и нептуния, соответственно.



Наибольшая эффективность выжигания минорных актинидов достигается при использовании гидрида циркония в качестве замедлителя.

Также показано, что эффективность выжигания в первом ряду отражателя выше

Результаты



Оценки объемов боросиликатного стекла дляборок с МА до и после ВЫЖИГАНИЯ

Вариант			Изменение объема боросиликатного стекла, %		
			Все нуклиды	Без учета Pu, U, Cm	Без учета Pu, U, Cm и нуклидов до Pb
AmO ₂	1-ый ряд отражателя	B4C	-4.9	-16.1	-16.2
		ZrH	-7.9	-29.5	-29.6
		Без замедлителя	-4.5	-11.7	-11.9
	2-ой ряд отражателя	B4C	-3.9	-13.6	-13.7
		ZrH	-6.3	-25.0	-25.2
		Без замедлителя	-3.6	-9.5	-9.6
NpO ₂	1-ый ряд отражателя	B4C	3115	23.2	-16.8
		ZrH	5483	28.7	-17.9
		Без замедлителя	1981	28.4	-11.7
	2-ой ряд отражателя	B4C	2733	13.1	-14.2
		ZrH	4827	14.1	-16.6
		Без замедлителя	1644	18.2	-9.2

Результаты



Плотность потока нейтронов и тепловыделение в реперной ТВС на начало 1 МК

			Поток, %	Тепловыделение, %
AmO ₂	1-ый ряд отражателя	B4C	1.50%	7.47%
		ZrH	-20.04%	28.95%
		Без замедлителя	-4.50%	-6.35%
	2-ой ряд отражателя	B4C	2.56%	6.22%
		ZrH	-12.18%	14.93%
		Без замедлителя	-2.21%	-4.78%
NpO ₂	1-ый ряд отражателя	B4C	1.24%	7.20%
		ZrH	-19.95%	32.48%
		Без замедлителя	-4.81%	-7.07%
	2-ой ряд отражателя	B4C	2.78%	6.42%
		ZrH	-12.40%	16.24%
		Без замедлителя	-2.56%	-5.24%

Результаты



Плотность потока нейтронов и тепловыделение в реперной ТВС на конец 4 МК

			Поток, %	Тепловыделение, %
AmO ₂	1-ый ряд отражателя	B4C	3.04%	8.11%
		ZrH	-15.22%	40.11%
		Без замедлителя	-1.63%	-2.97%
	2-ой ряд отражателя	B4C	2.96%	5.67%
		ZrH	-10.25%	19.33%
		Без замедлителя	-1.20%	-3.69%
NpO ₂	1-ый ряд отражателя	B4C	2.79%	7.72%
		ZrH	-16.72%	39.51%
		Без замедлителя	-2.14%	-3.83%
	2-ой ряд отражателя	B4C	2.92%	5.61%
		ZrH	-11.28%	18.87%
		Без замедлителя	-1.42%	-3.83%

- Рассмотрено *гетерогенное выжигание америция и нептуния в модели реактора БН-600 с МОКС топливом.*
- Проанализировано влияние способов размещения сборок с МА в реакторе и наличия замедлителя в сборке на эффективность выжигания.
- При размещении в сборках с МА *гидрида циркония в качестве замедлителя* наблюдается *наибольшая эффективность выжигания актинидов* и наибольшее снижение объемов боросиликатного стекла. Однако такой способ приводит к значительному увеличению тепловыделения в ТВС на границе активной зоны и отражателя.
- Более оптимальным вариантом может быть *размещение сборок с МА и с В₄С во 2-ом ряду отражателя.* В таком случае эффективность выжигания и снижение объемов боросиликатного стекла составляют около 15%, при этом увеличение тепловыделения в ТВС на границе порядка 6%.
- Так же в данной работе показано, что *выжигание нептуния в сборках, расположенных в отражателе, приводит к значительному увеличению объемов боросиликатного стекла.*



Спасибо за внимание!