



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ



Федеральное бюджетное учреждение
«Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности»

ETSON

EUROPEAN
TECHNICAL SAFETY
ORGANISATIONS
NETWORK

Особенности радиационных характеристик отработавшего ядерного топлива реакторов на быстрых нейтронах

В.А. Лось, А.В. Курындин, А.М. Киркин, С.В. Маковский (ФБУ «НТЦ ЯРБ»)

Научно-технический семинар «Обращение с ОЯТ и РАО в ЗЯТЦ» (ОЯТ и РАО 2021)
27 мая 2021 г.

Тенденции развития атомной энергетики



- РП РФ от 13.11.2009 № 1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года»
- ПП РФ от 02.06.2014 № 506-12 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие атомного энергопромышленного комплекса»

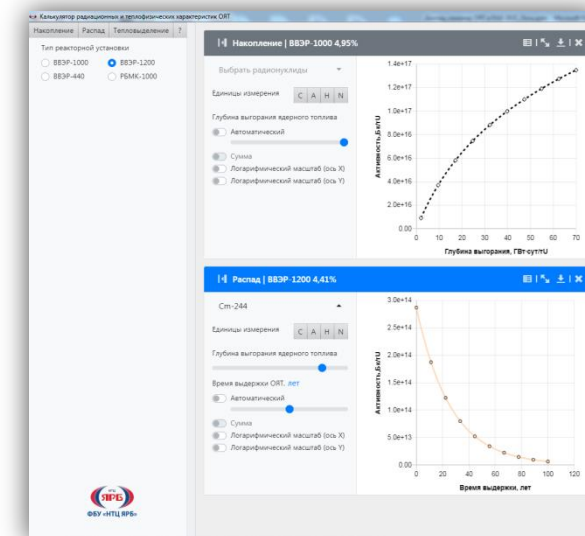
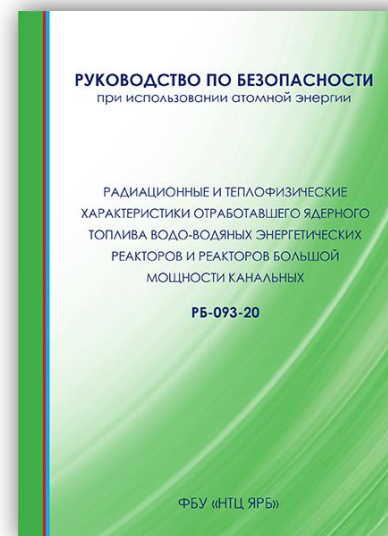
Стратегией развития атомной энергетики Российской Федерации предусмотрено широкое использование реакторов на быстрых нейтронах с целью последующего замыкания ядерного топливного цикла.



Основные параметры, оказывающие значимое влияние на радиационные характеристики ОЯТ :

- изотопный состав свежего топлива;
- спектр нейтронов в активной зоне реактора;
- время остановов реактора для перегрузки ЯТ и проведения плановых предупредительных ремонтов;
- глубина выгорания и время выдержки ОЯТ.

Радиационные характеристики ОЯТ реакторов на тепловых нейтронах закреплены в руководстве по безопасности при использовании атомной энергии РБ-093-20



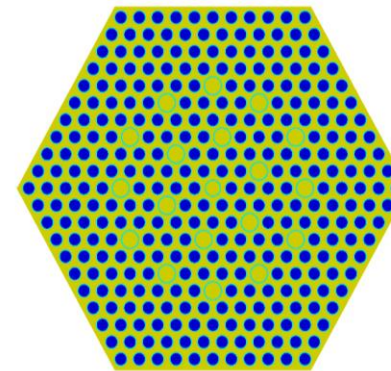
Аналогичный нормативный документ, содержащий данные о радиационных характеристиках ОЯТ реакторов на быстрых нейтронах, отсутствует

Проведение предварительного анализа

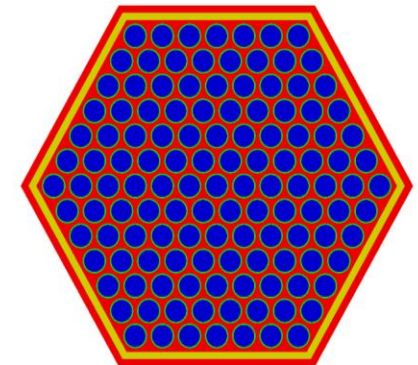
Основные особенности расчетных моделей:

- использовались библиотеки как групповых (для ячеек ВВЭР-1000), так и непрерывных по энергии (для ячеек БН-800) нейтронных сечений;
- на внешних границах моделей задавалось условие полного отражения нейтронов;
- учитывались реальные тепловые мощности реакторов;
- учитывались остановки, необходимые для осуществления перегрузок в активной зоне и плановых предупредительных ремонтов.

Тип ТВС	Материальный состав свежего топлива	Глубина выгорания, ГВт·сут/ГТм
БН-800 (ЗМО)	Тип топлива – UO_2 Обогащение топлива по изотопу ^{235}U – 18,5 %	90 и 110
БН-800 (ЗБО)	Тип топлива – UO_2 (81,3 %) + PuO_2 (18,7 %) Обогащение топлива по изотопу ^{235}U – 0,7 % Изотопный состав плутония: ^{238}Pu – 0,1 %, ^{239}Pu – 94,43 %, ^{240}Pu – 5,02 %, ^{241}Pu – 0,23 %, ^{242}Pu – 0,22 %	80
ВВЭР-1000	Тип топлива – UO_2 Обогащение топлива по изотопу ^{235}U – 4,95 %	50



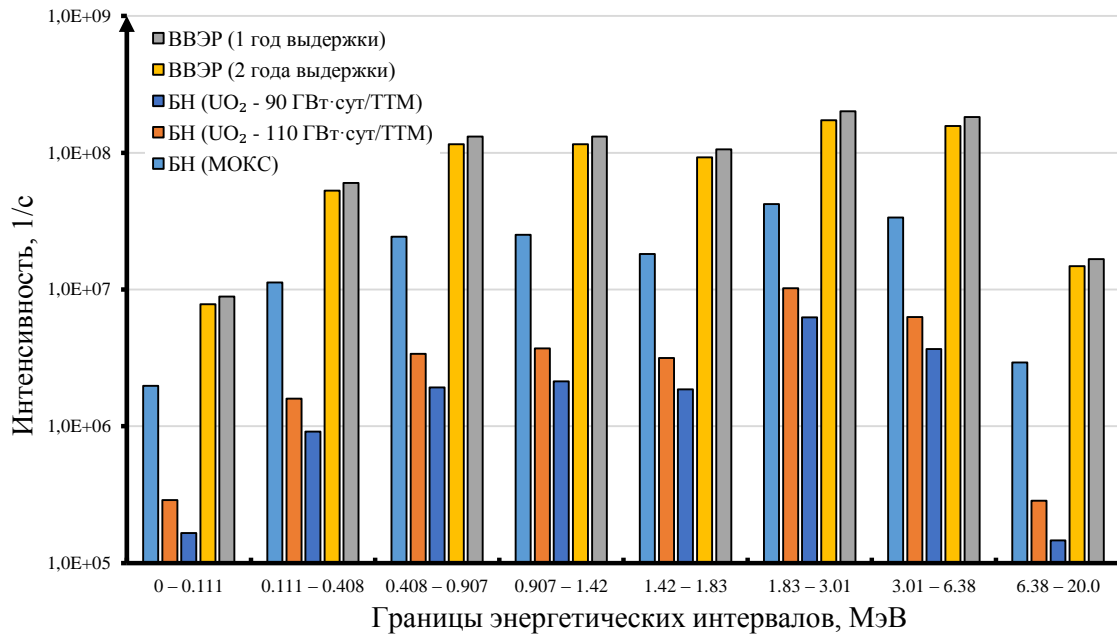
(а)



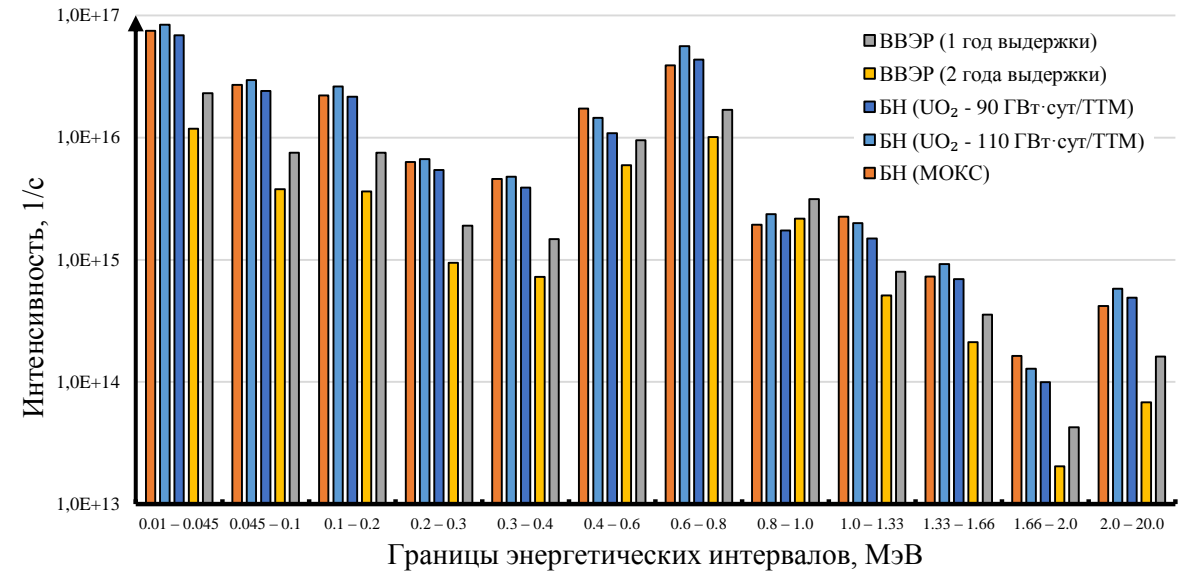
(б)

Расчетные модели ячеек реакторов типа ВВЭР-1000 (а) и БН-800 (б)

Результаты расчетного анализа (1/3)



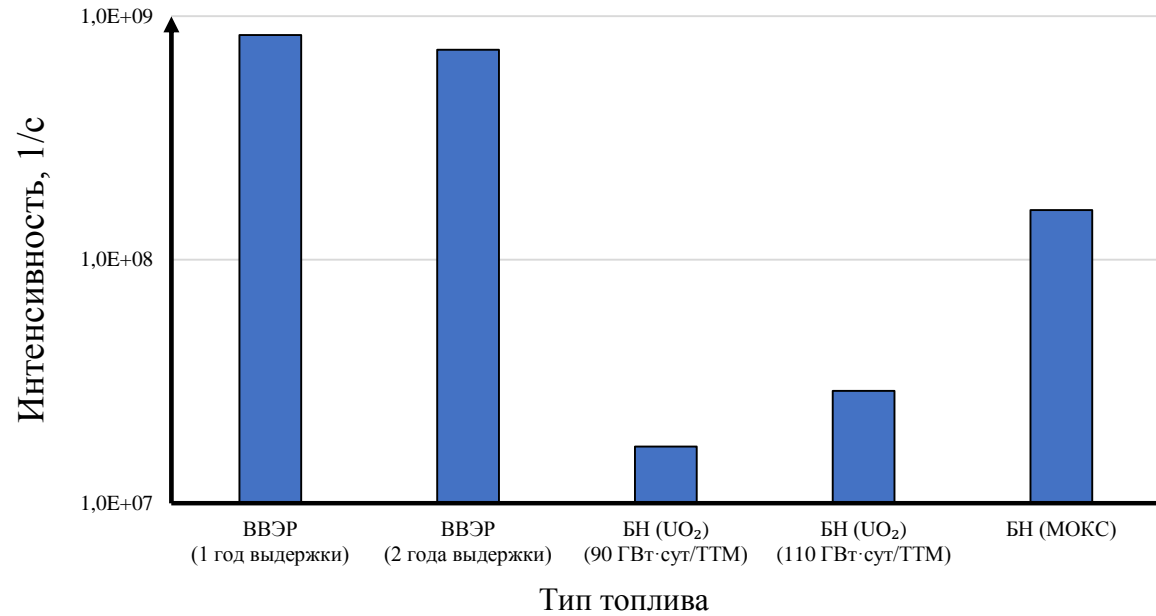
(a)



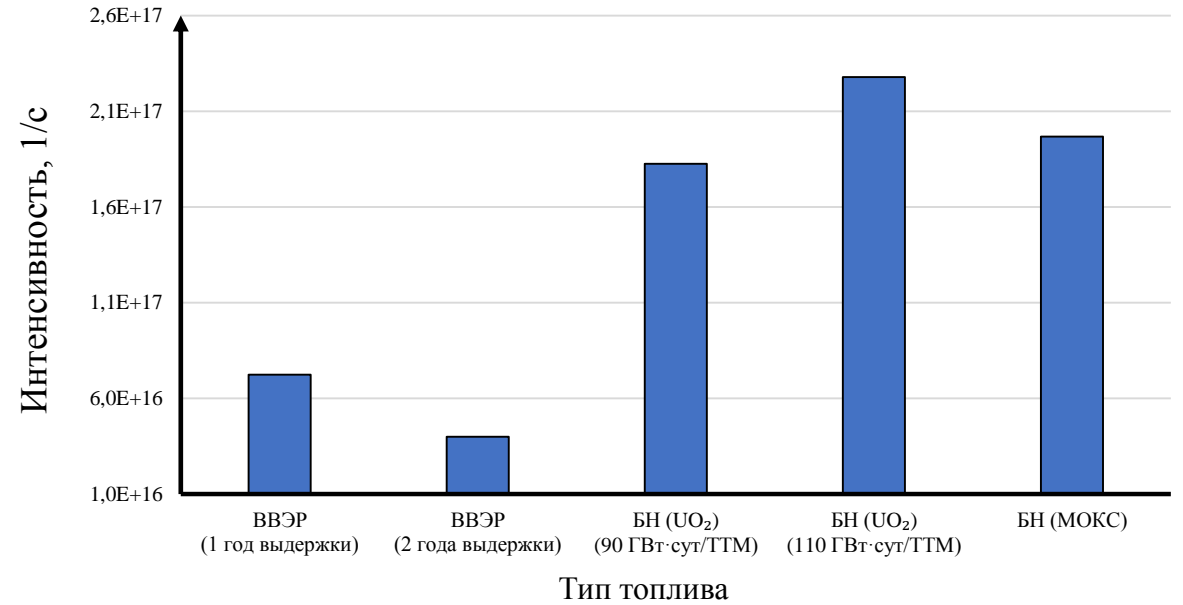
(б)

Энергетические характеристики источника нейтронов (а) и гамма-излучения (б) в 1 тонне ОЯТ реакторов типа ВВЭР-1000 и БН-800

Результаты расчетного анализа (2/3)



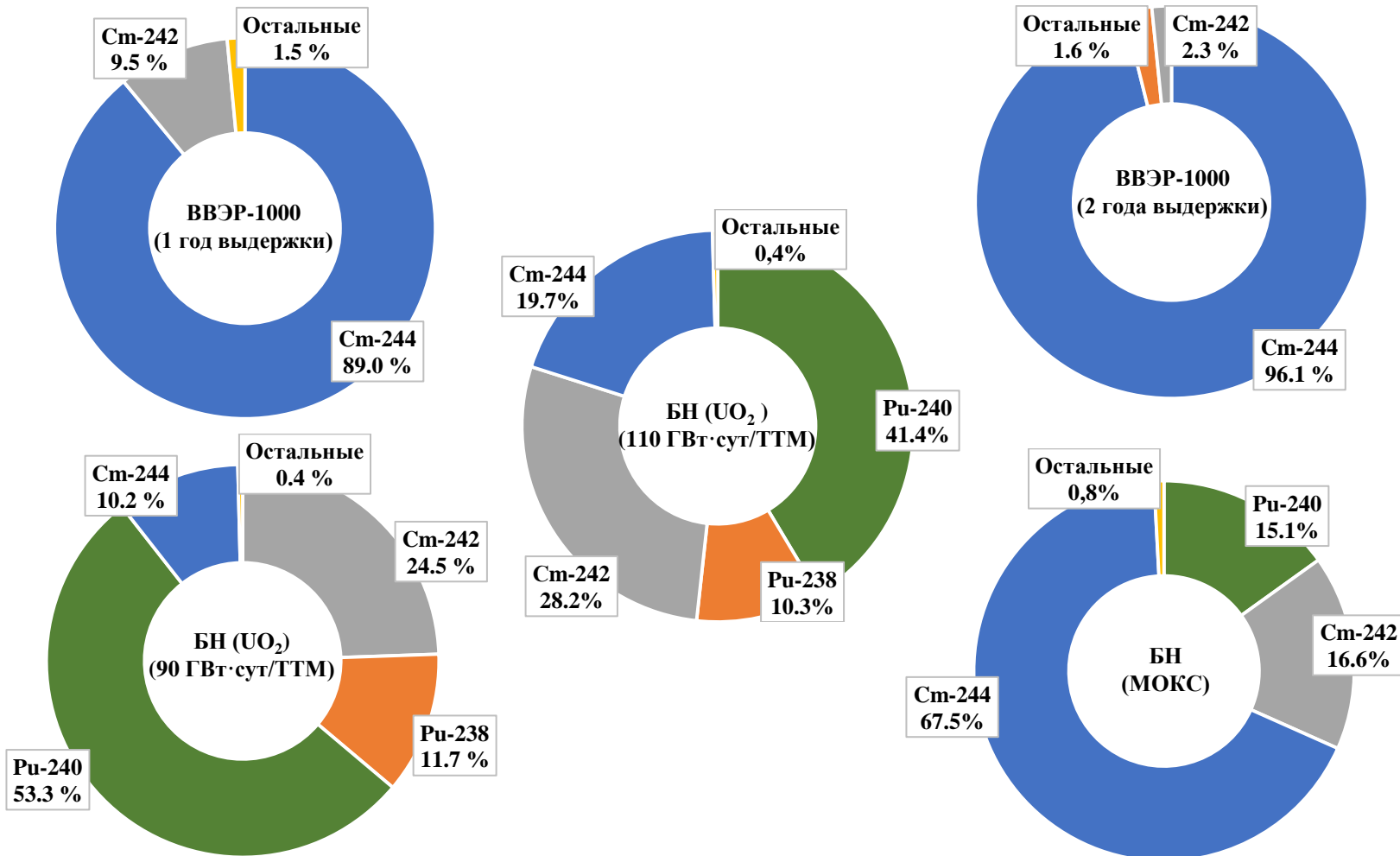
(a)



(б)

Суммарная величина источника нейтронного (а) и гамма-излучения (б) в 1 тонне ОЯТ реакторов типа ВВЭР-1000 и БН-800

Результаты расчетного анализа (2/3)



Относительный вклад радионуклидов в активность отработавшего уранового и МОКС-топлива реактора типа БН-800 (%):

Радионуклид	Тип ОЯТ	
	UO ₂ (90 ГВт·сут/ТТМ)	МОКС (80 ГВт·сут/ТТМ)
¹⁰⁶ Ru+ ¹⁰⁶ Rh	18,0	38,5
¹³⁷ Cs+ ^{137m} Ba	7,6	6,7
¹⁴⁴ Ce+ ¹⁴⁴ Pr	49,0	33,7
⁹⁰ Sr+ ⁹⁰ Y	5,9	2,5
¹³⁴ Cs	3,1	2,0
⁹⁵ Nb	3,9	3,1
¹⁴⁷ Pm	8,1	6,8
Актиниды	0,6	2,6
Остальные	3,8	4,1

Вклад различных изотопов в величину источника нейтронов в ОЯТ реакторов типа ВВЭР-1000 и БН-800

Заключение



- Различия радиационных характеристик ОЯТ реакторов типа БН и ВВЭР обуславливаются в первую очередь различиями в спектре нейтронов в активной зоне, которые приводят к тому, что в ОЯТ реакторов на быстрых нейтронах происходит менее интенсивное накопление трансурановых изотопов, определяющих величину источника нейтронов
- Представленные различия радиационных характеристик ОЯТ реакторов типа ВВЭР и БН свидетельствуют о необходимости проведения дополнительных исследований изотопного состава ОЯТ реакторов на быстрых нейтронах и его радиационных характеристик, в том числе необходимо проведение экспериментальных разрушающих исследований ОТВС с целью подтверждения данных, полученных расчетным путем и определения соответствующих погрешностей
- Результаты расчетного анализа и послереакторных экспериментальных исследований радиационных характеристик ОЯТ реакторов на быстрых нейтронах могут быть использованы при разработке документа, аналогичного руководству по безопасности при использовании атомной энергии РБ-093-20



Спасибо за внимание!