



НИТИ
РОСАТОМ

Верификация модели выгорания активной зоны на основе результатов гамма-сканирования отработавших тепловыделяющих сборок

конференция «Нейтроника - 2024»

Артемов Владимир Георгиевич
Бессонов Дмитрий Юрьевич



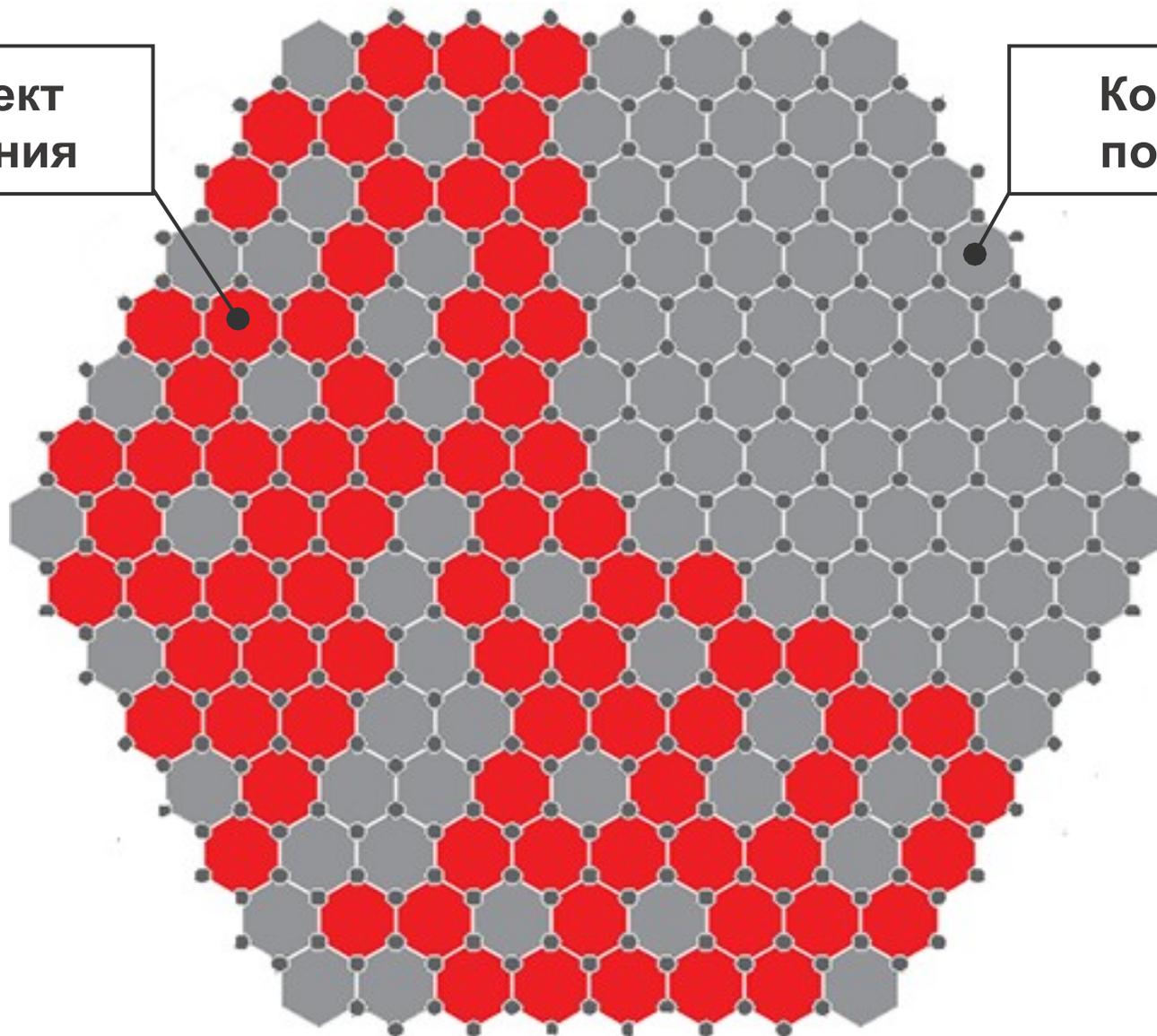
Компоновка активной зоны



НИИ
РОСАТОМ

Комплект
дожигания

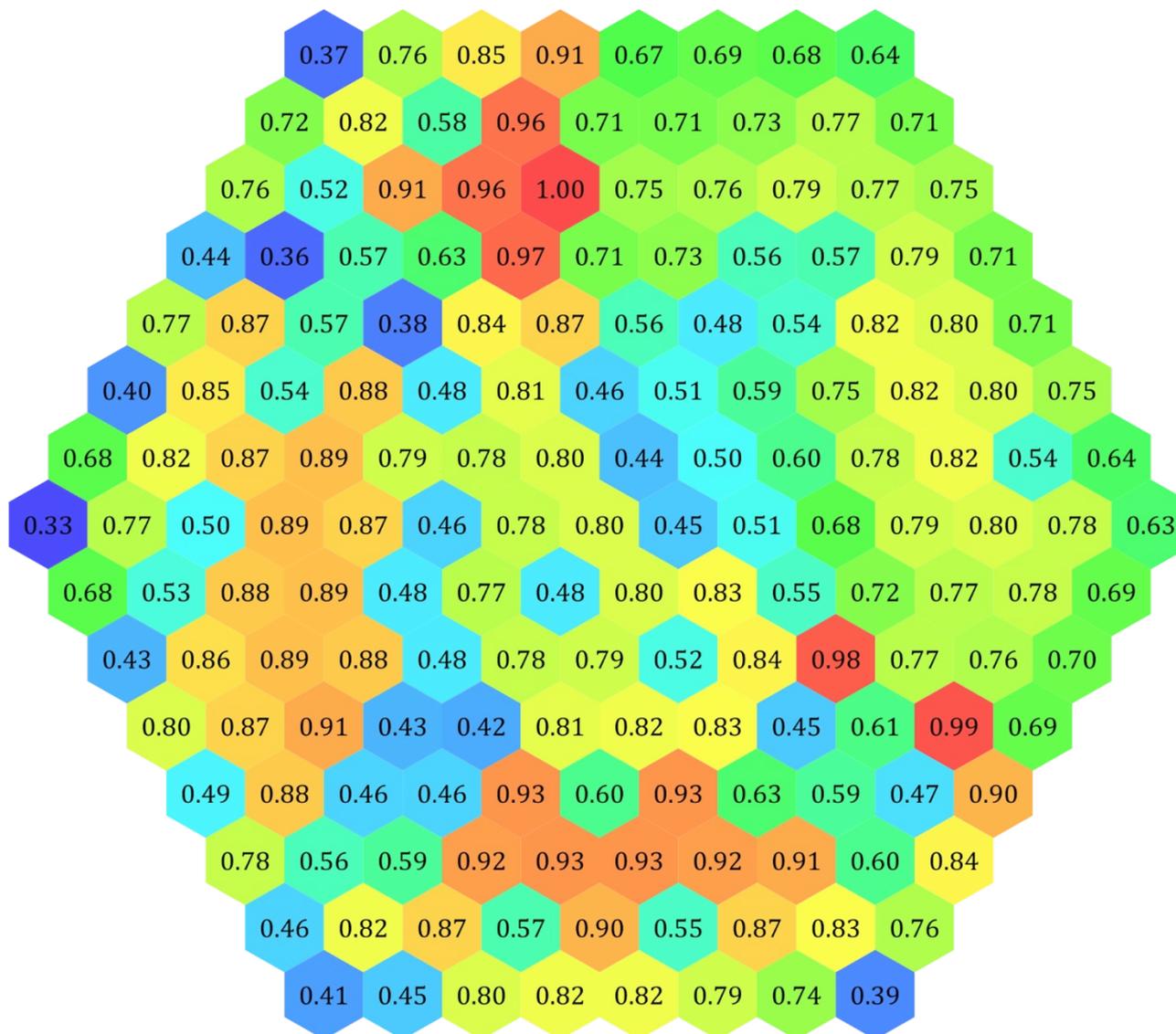
Комплект
подпитки



Расчётное распределение выгорания



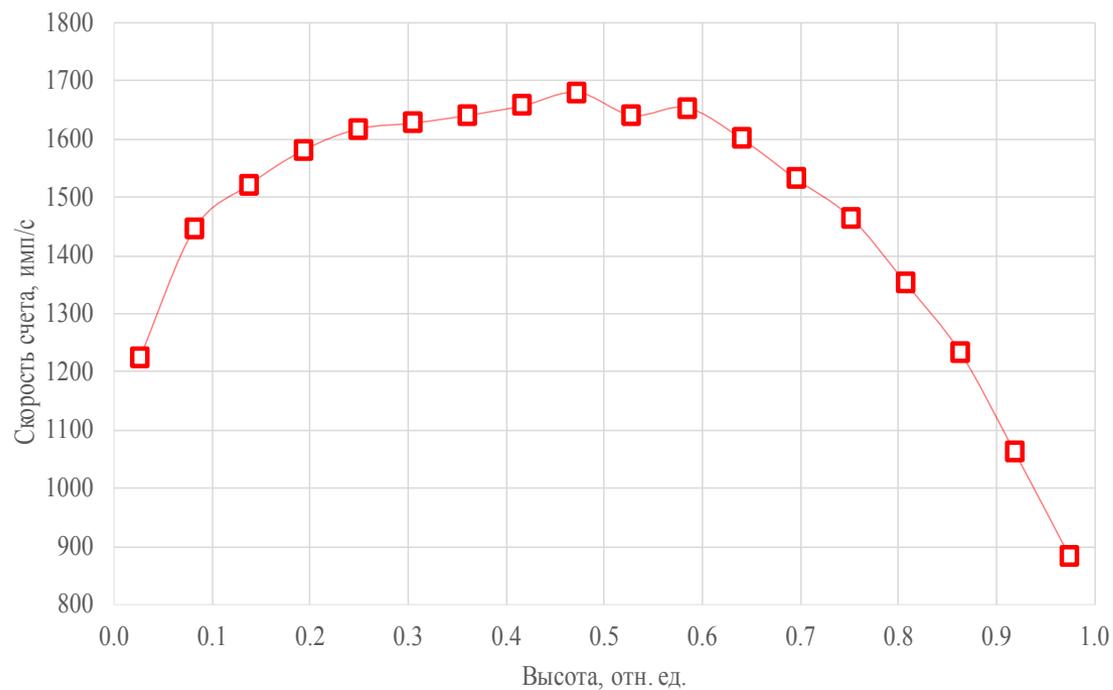
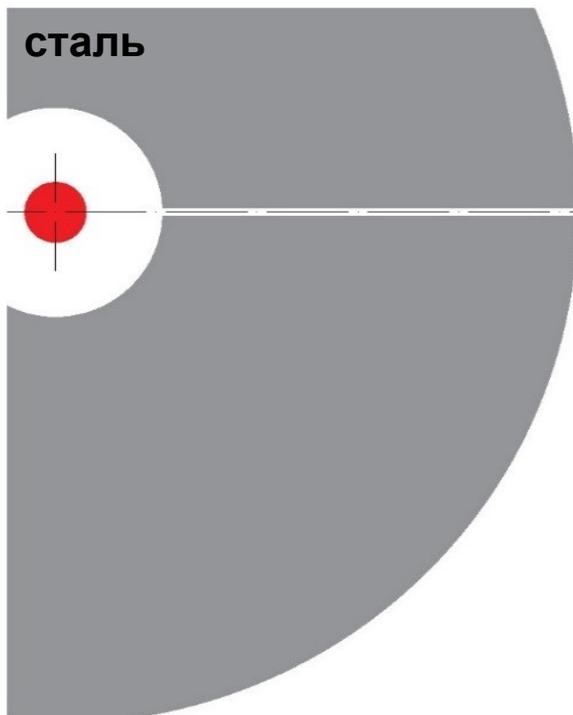
НИТИ
РОСАТОМ



Эксперимент по гамма-сканированию ТВС



НИИЯК
РОСАТОМ



Особенности наработки реперных радионуклидов



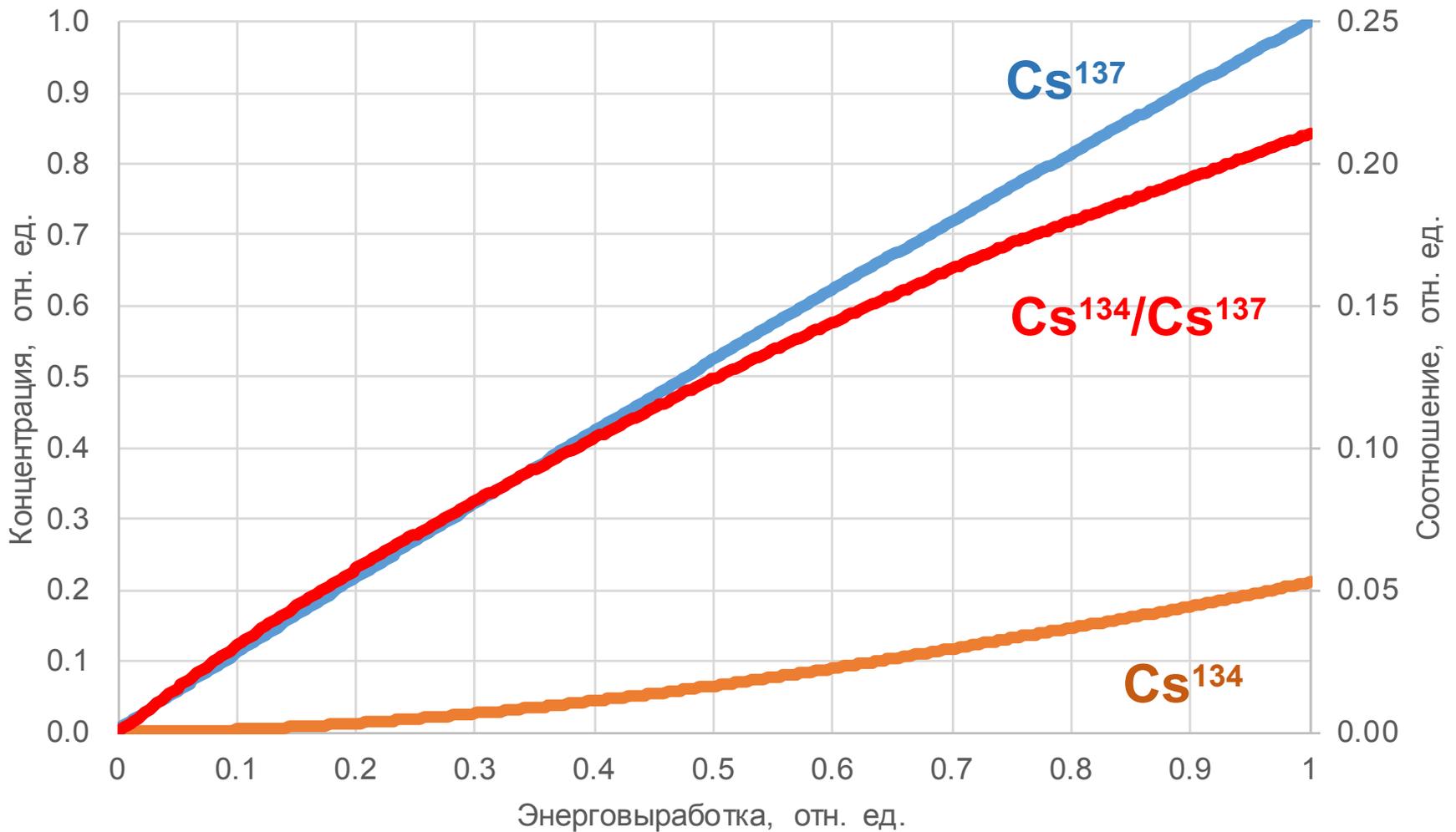
НИИ
РОСАТОМ

Cs^{137}	Cs^{134}
$^{235}U (n,f) ^{137}Cs$	$^{235}U (n,f) ^{133}Xe (\beta^-) ^{133}Cs (n,\gamma) ^{134}Cs$

Накопление при постоянной мощности



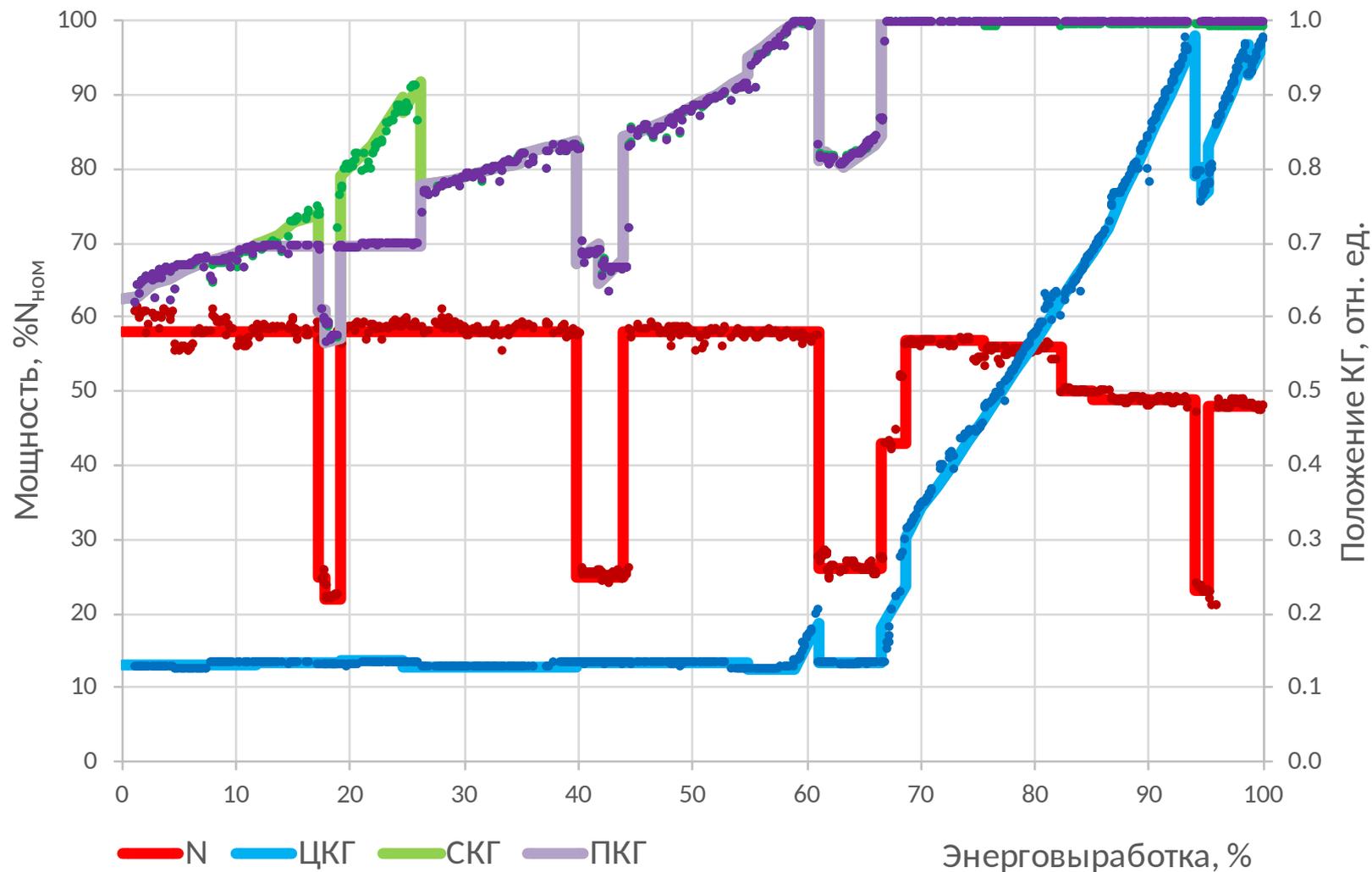
НИТИ
РОСАТОМ



Реальный график эксплуатации



НИТИ
РОСАТОМ

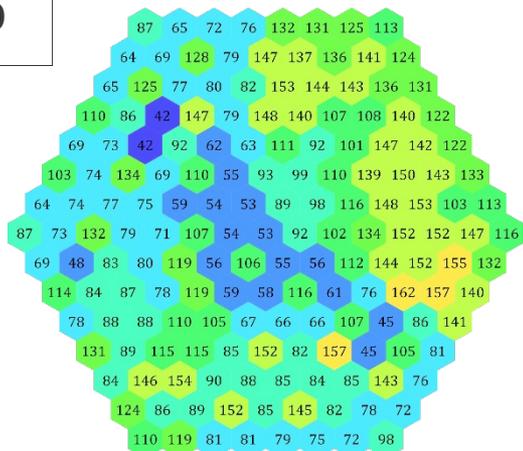


Изменение распределения энерговыделения по кампаниям

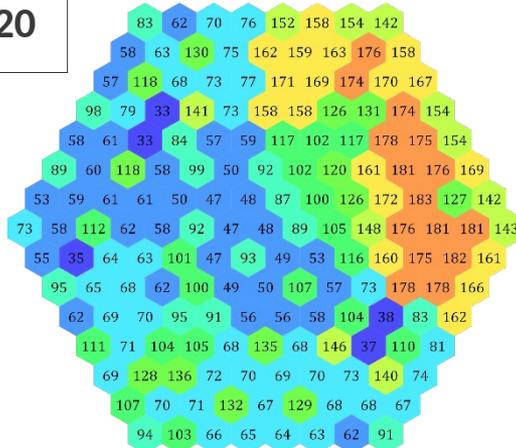


НИТИ
РОСАТОМ

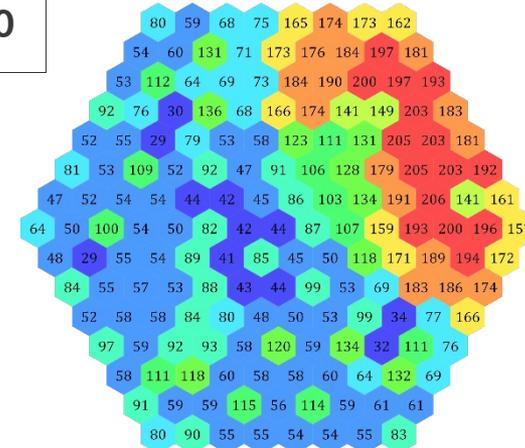
0



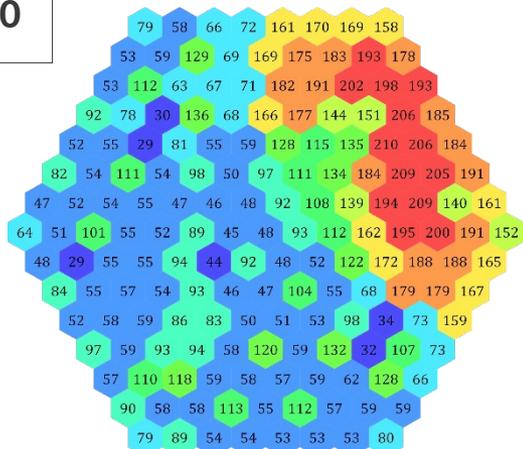
20



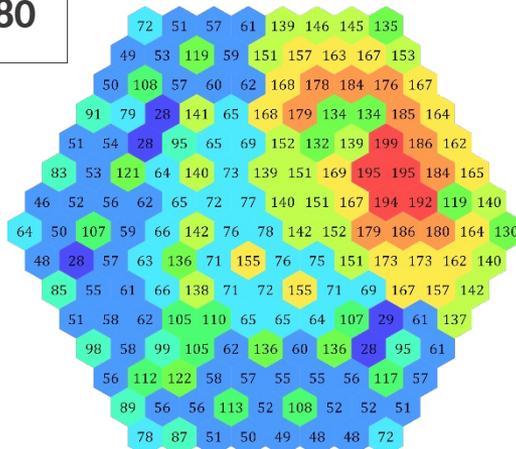
40



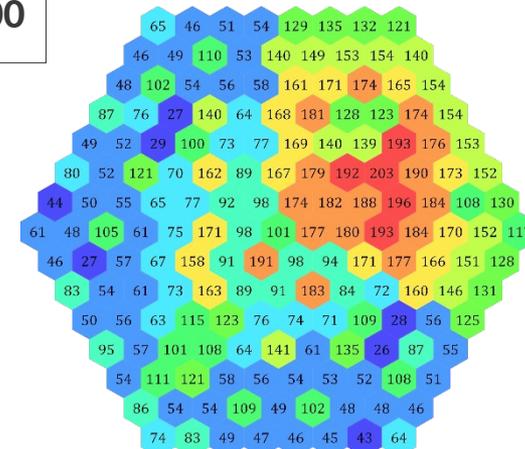
60



80



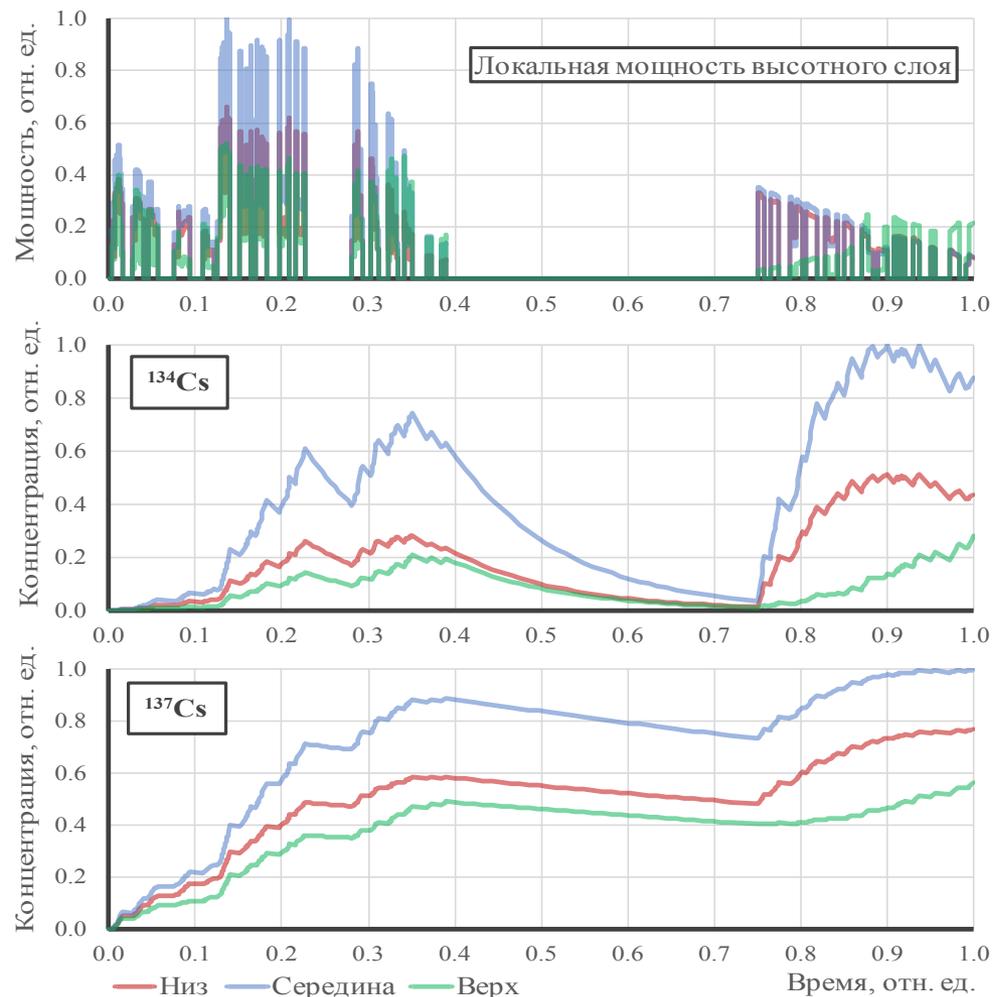
100



Накопление реперных радионуклидов с учётом реального графика эксплуатации



НИТИ
РОСАТОМ



Основные характеристики реперных радионуклидов



НИТИ
РОСАТОМ

	Cs¹³⁷	Cs¹³⁴
Период полураспада	2,062 года	30,17 лет
Энергия гамма-квантов	662 кэВ	604 кэВ
Выход гамма-квантов	0,851	0,975
Эффективность регистрации гамма-квантов	0,93 отн.ед.	1,00 отн.ед.

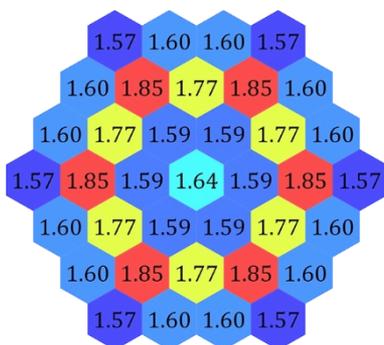
Влияние внутренней структуры ТВС



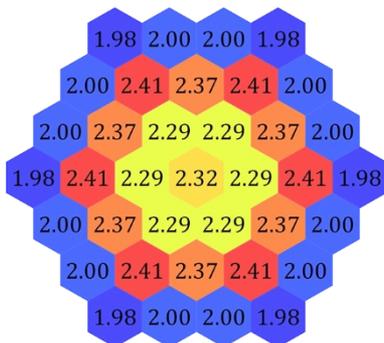
НИИ
РОСАТОМ

Активность (САПФИР)

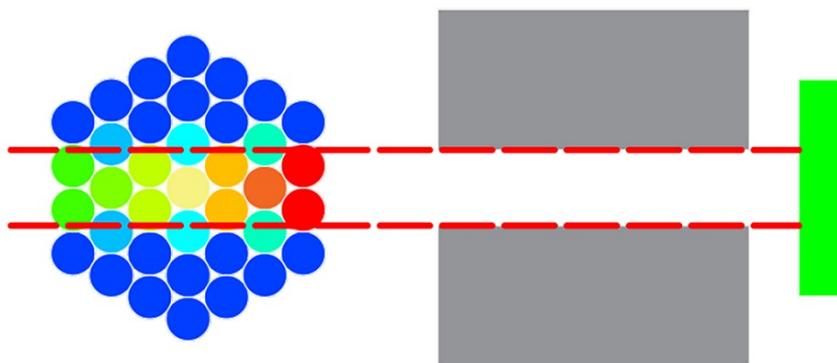
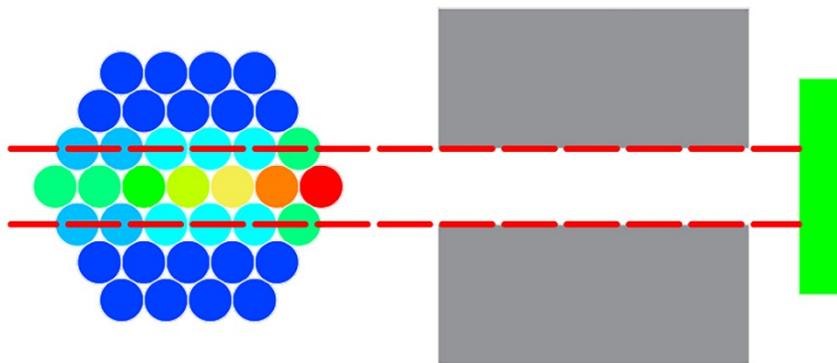
Cs^{134}



Cs^{137}



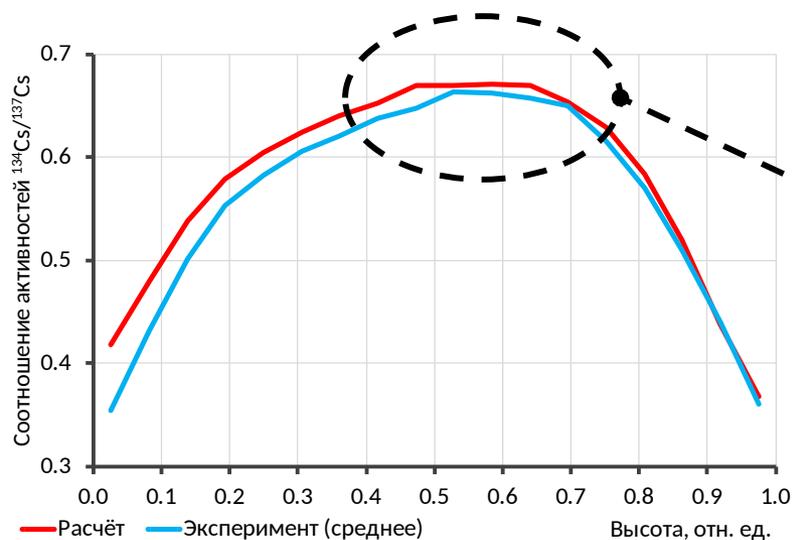
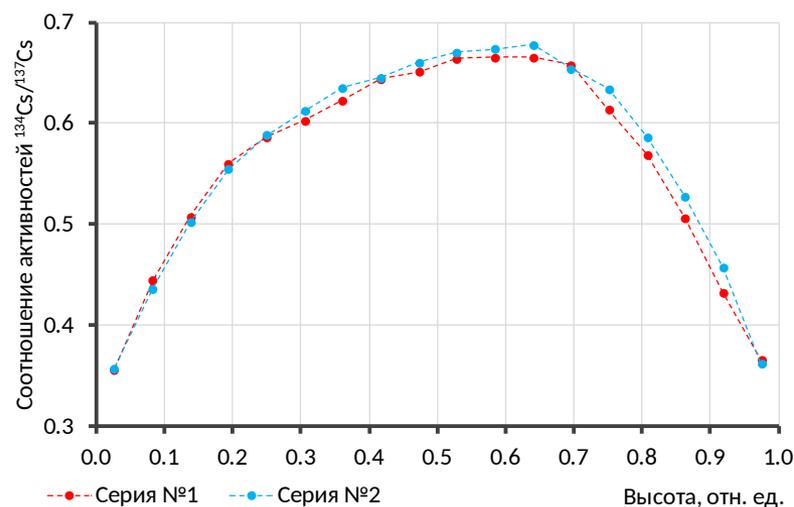
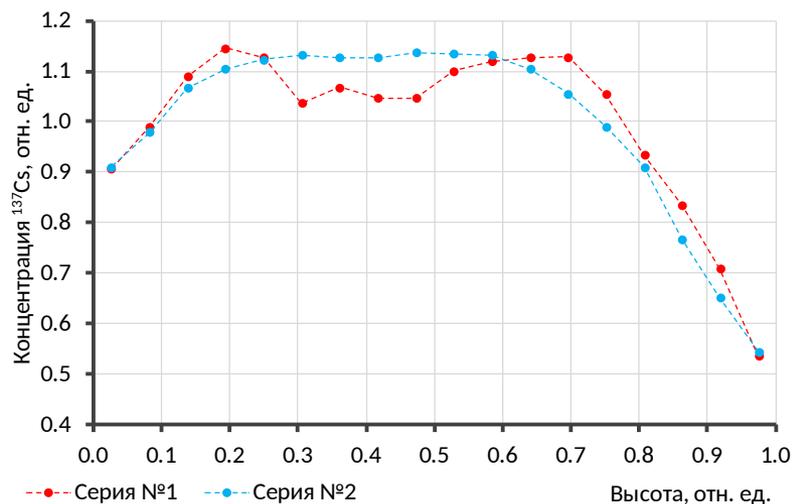
Весовые коэффициенты (MCU)



Оценка погрешности расчета максимальной глубины выгорания в ОТВС на основе соотношения активностей $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$



НИТИ
РОСАТОМ



участок
наибольшей
глубины
выгорания

Результаты верификации



НИТИ
РОСАТОМ

№ ТВС	Глубина выгорания, отн. ед.	Относительная погрешность, %
1	1,00	5
2	0,98	1
3	0,97	8
4	0,97	-4
5	0,95	7
6	0,92	7
7	0,92	9
8	0,91	5
9	0,91	4
10	0,89	7
<i>Среднее значение относительной погрешности</i>		4,9

Выводы



1. На основе комплекса программ САПФИР&РС подготовлена модель выгорания двухступенчатой активной зоны.
2. Точность моделирования выгорания оценена на основе сопоставления с результатами экспериментов по гамма-сканированию ТВС: зарегистрированные показания спектрометра сопоставлены с расчётными показаниями, полученными на основе имитационного моделирования.
3. Имитационный подход заключается в прямом моделировании экспериментов по гамма-сканированию, при котором учтены геометрические и физические особенности их постановки.
4. По итогам верификации можно заключить, что средняя погрешность моделирования максимальной глубины выгорания составляет порядка 5%.

Спасибо за внимание

