



НИТИ
РОСАТОМ

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

конференция «Нейтроника - 2024»

Артемов Владимир Георгиевич
Бессонов Дмитрий Юрьевич



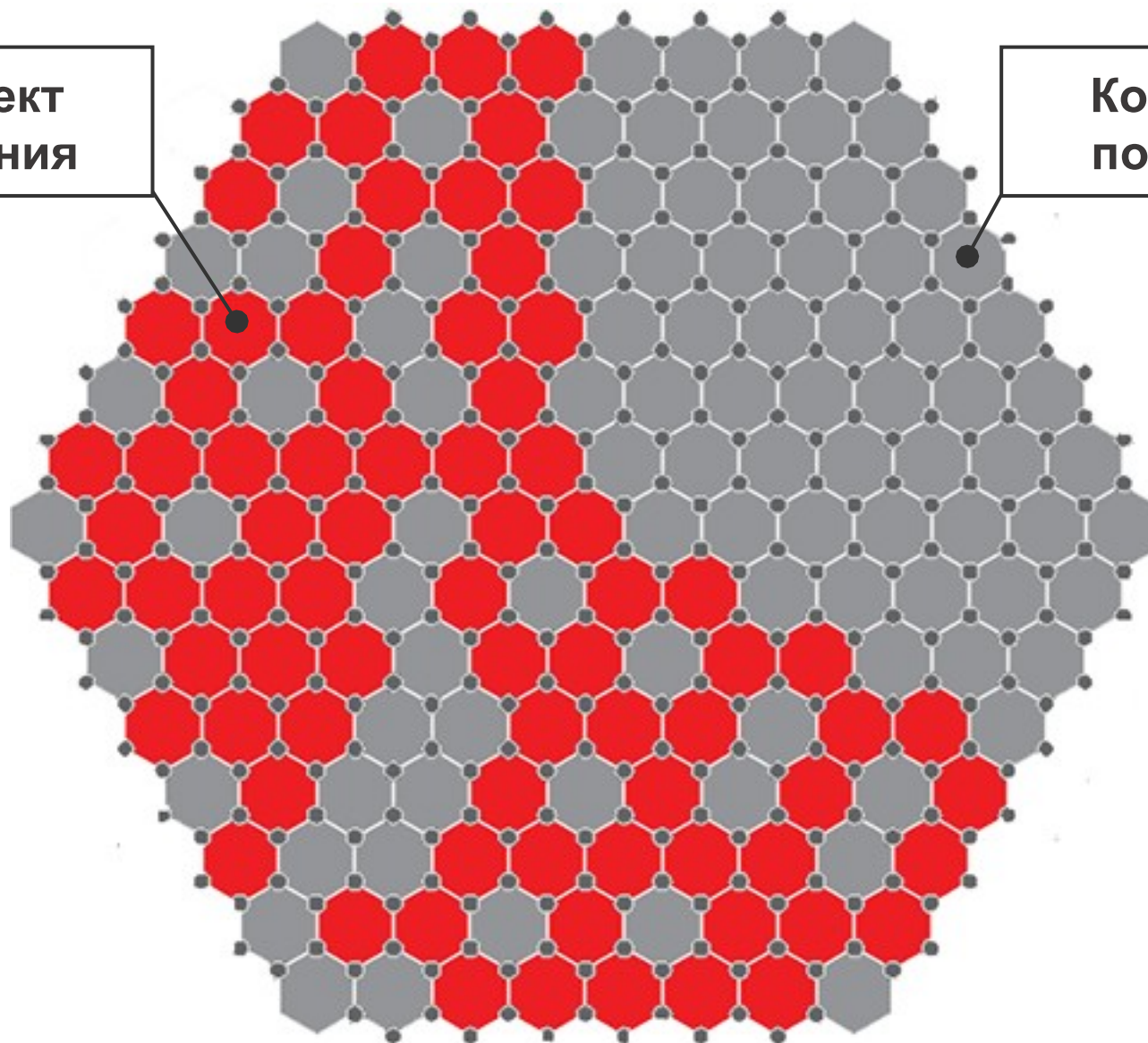
Компоновка активной зоны



НИИ
РОСАТОМ

Комплект
дожигания

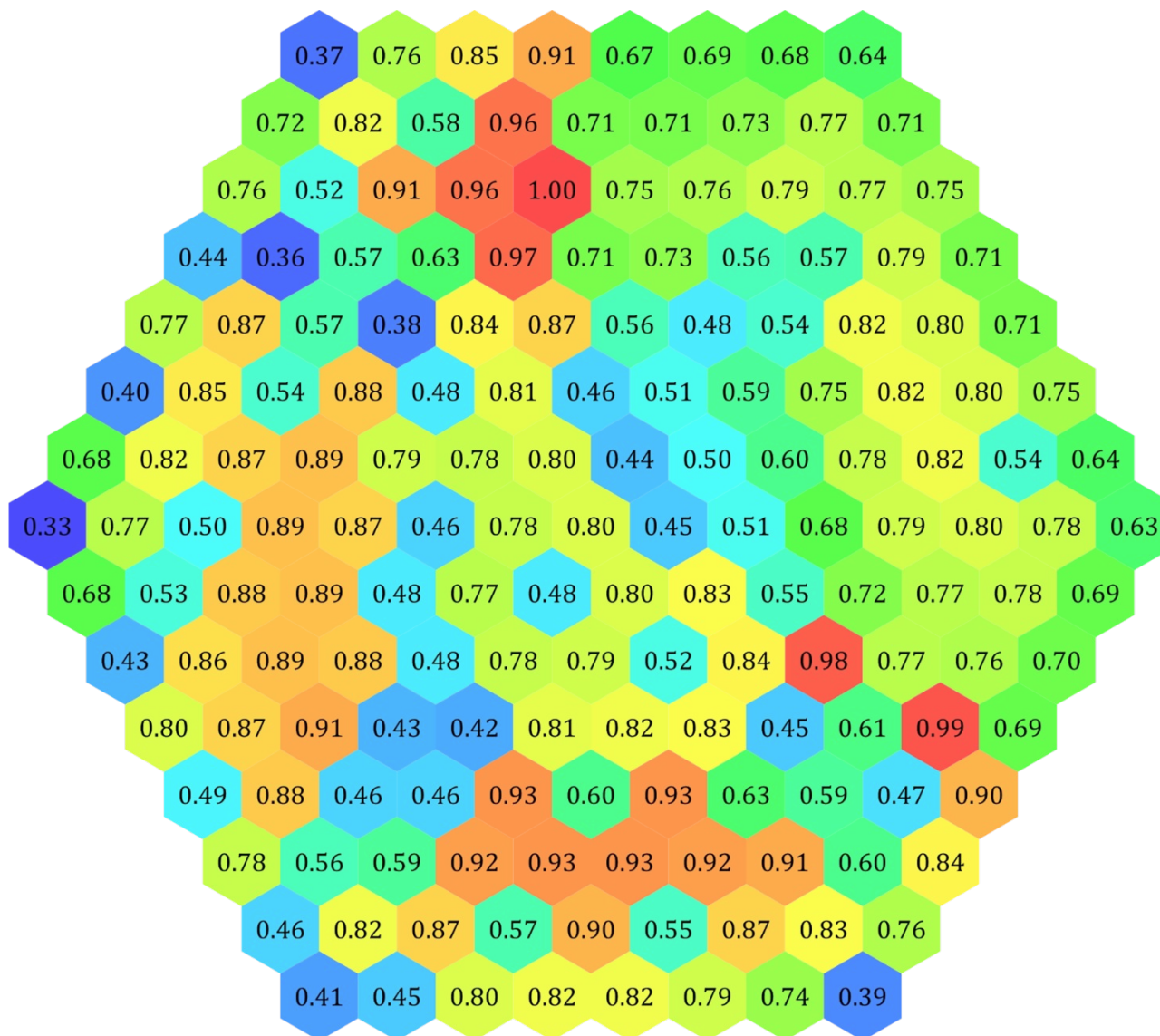
Комплект
подпитки



Расчётное распределение выгорания



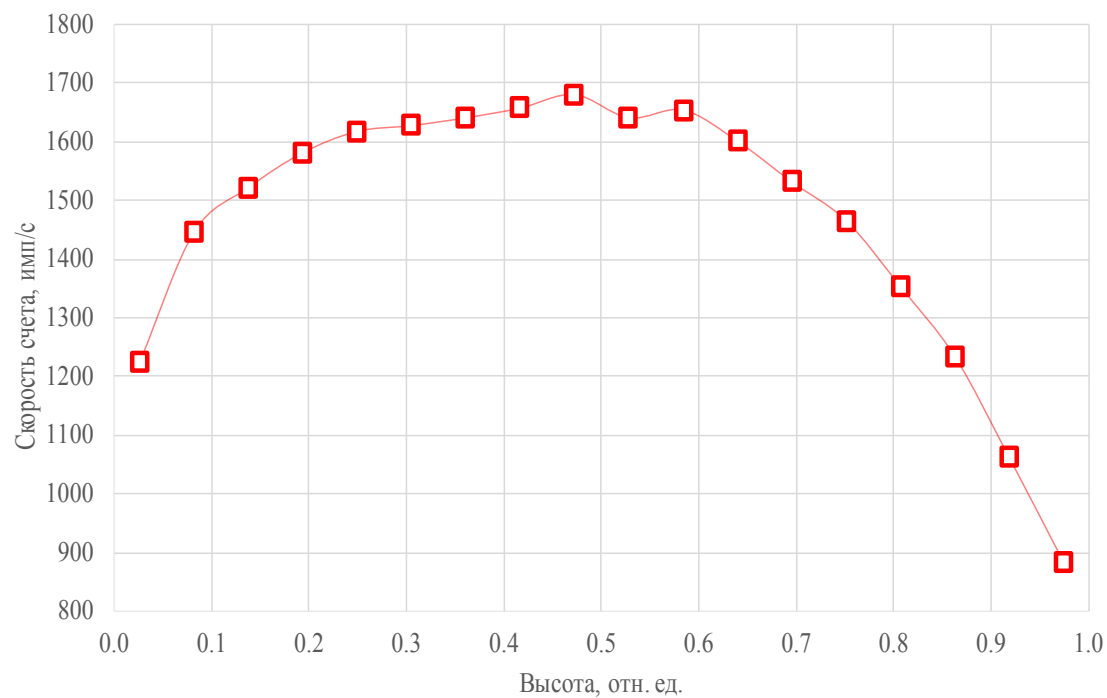
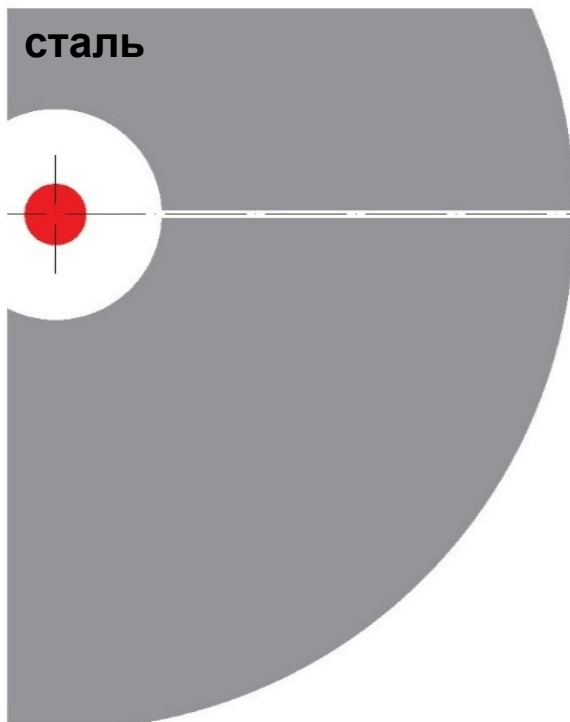
НИТИ
РОСАТОМ



Эксперимент по гамма-сканированию ТВС



НИИЯФ
РОСАТОМ



Особенности наработки реперных радионуклидов



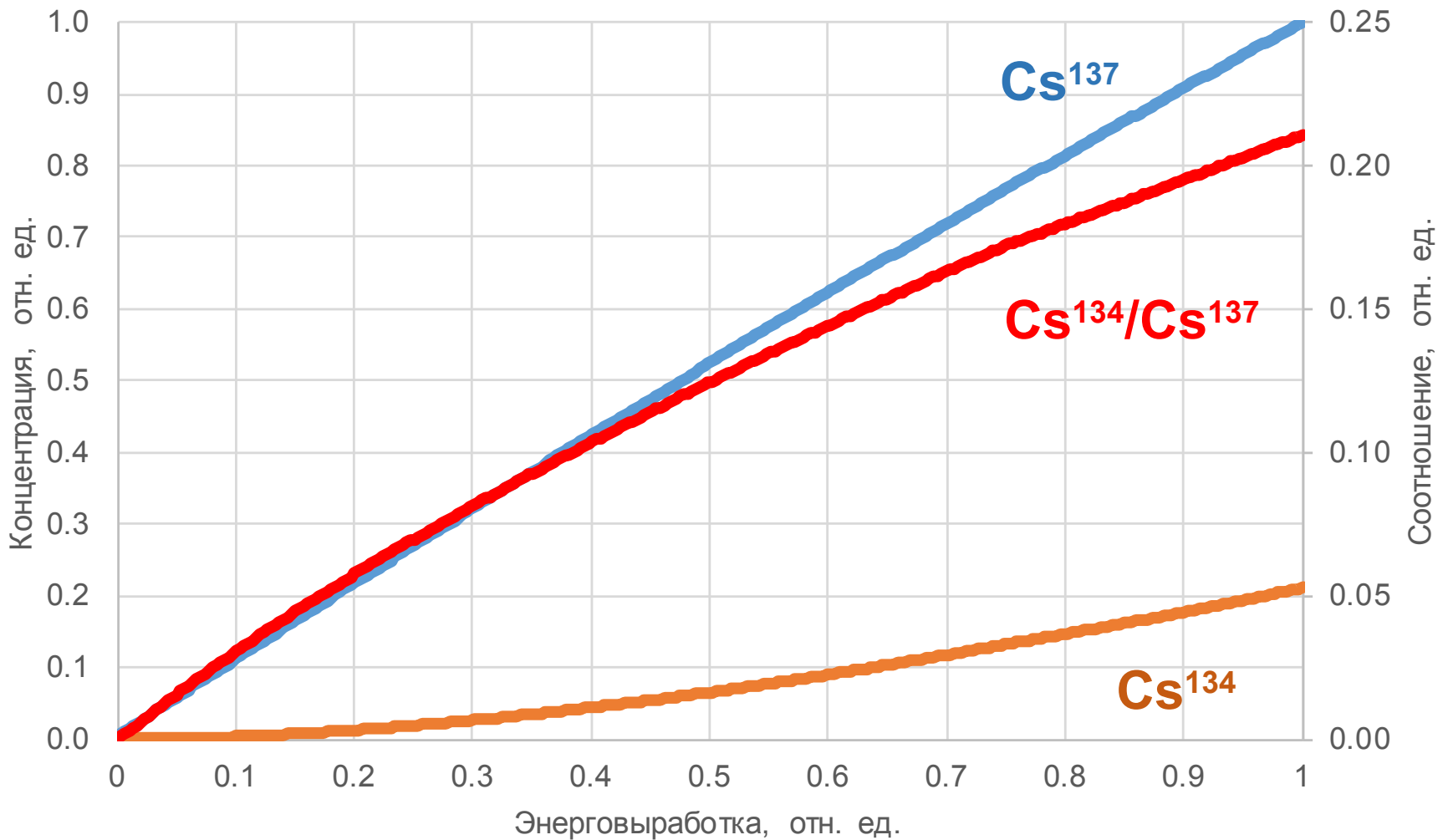
НИТИ
РОСАТОМ

| 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



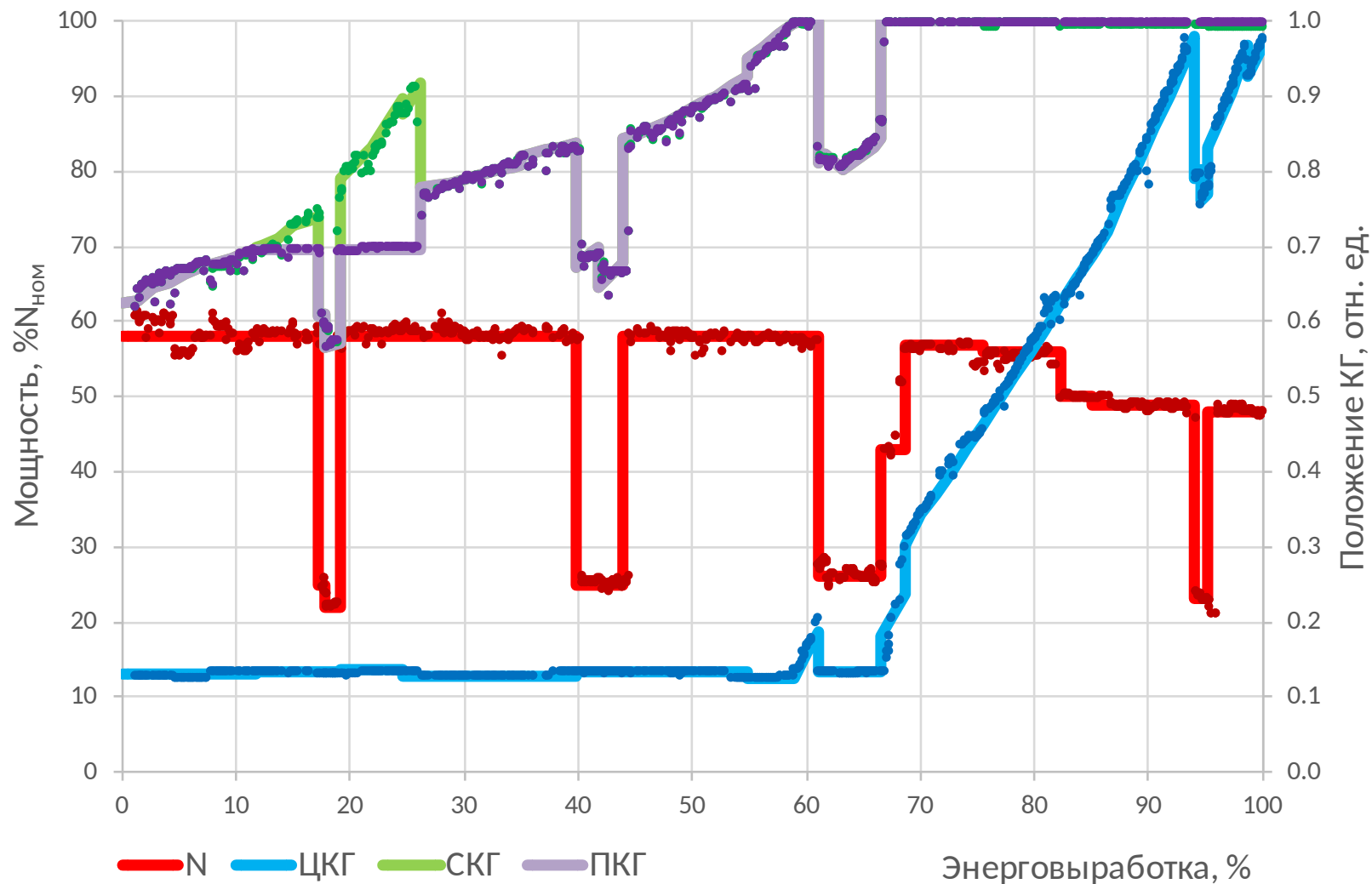
НИИЯК
РОСАТОМ



Реальный график эксплуатации



НИИ
РОСАТОМ

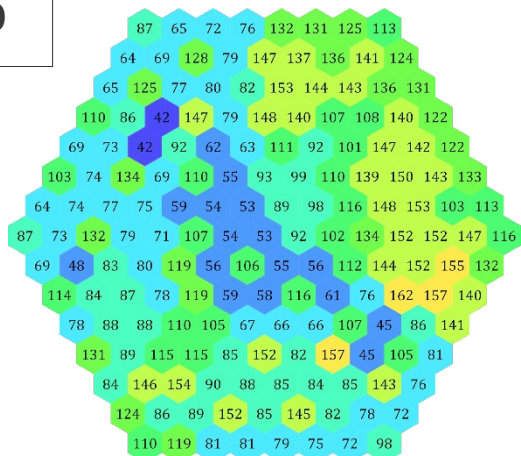


Изменение распределения энерговыделения по кампаниям

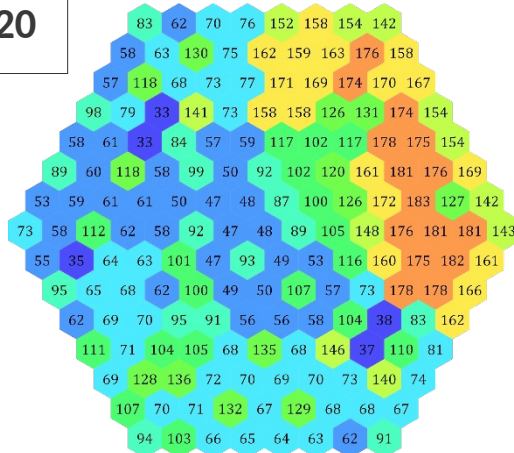


НИТИ
РОСАТОМ

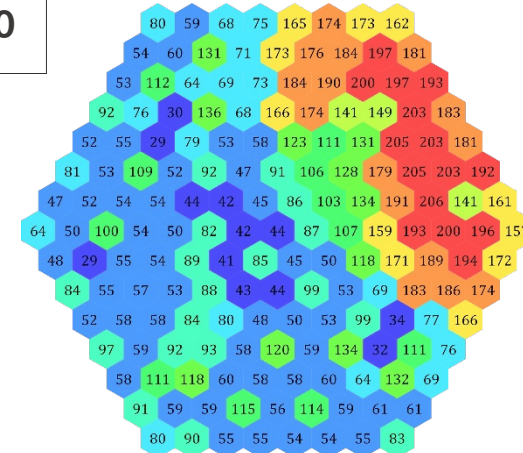
0



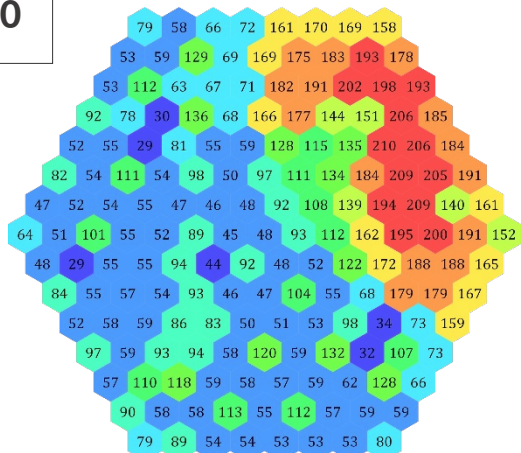
20



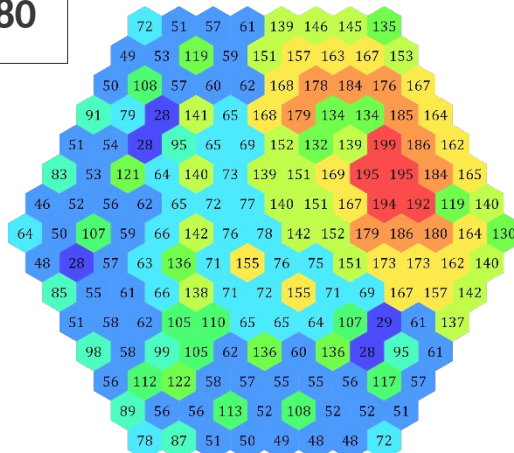
40



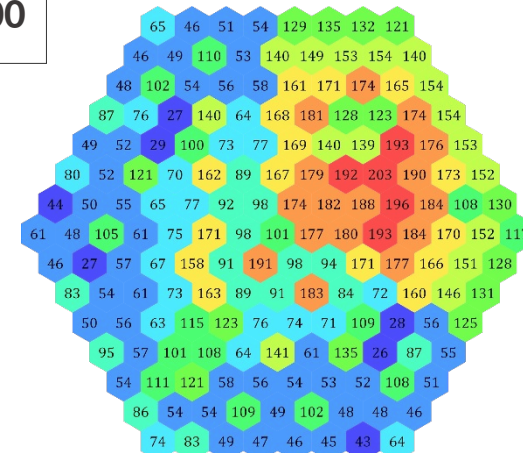
60



80



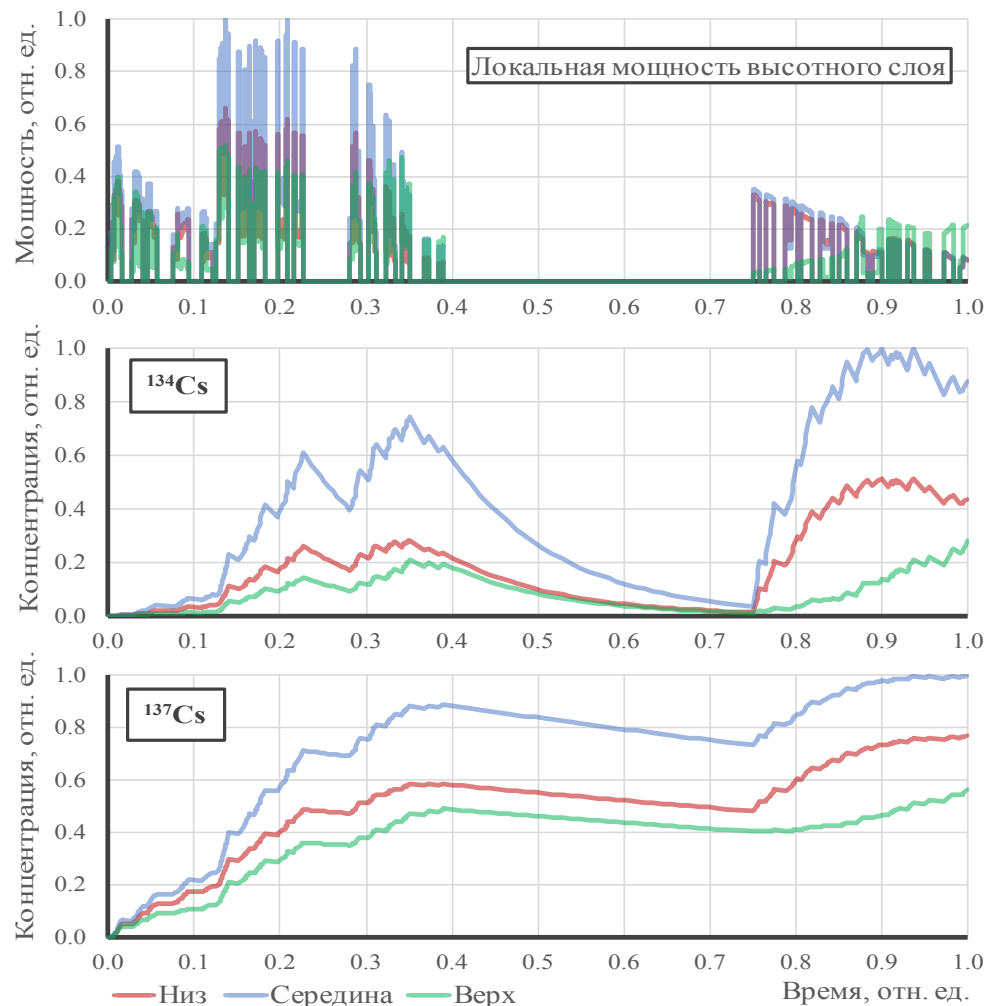
100



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. |

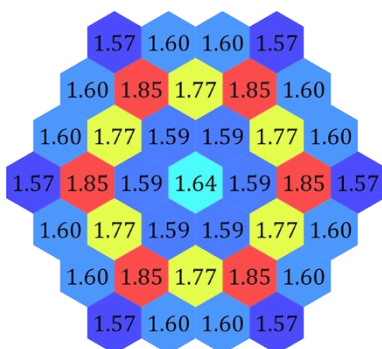
Влияние внутренней структуры ТВС



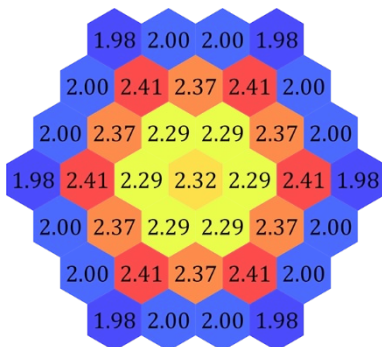
НИИ
РОСАТОМ

Активность (САПФИР)

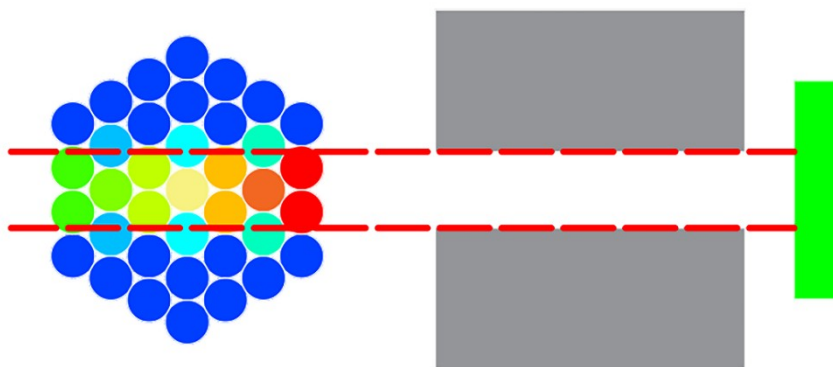
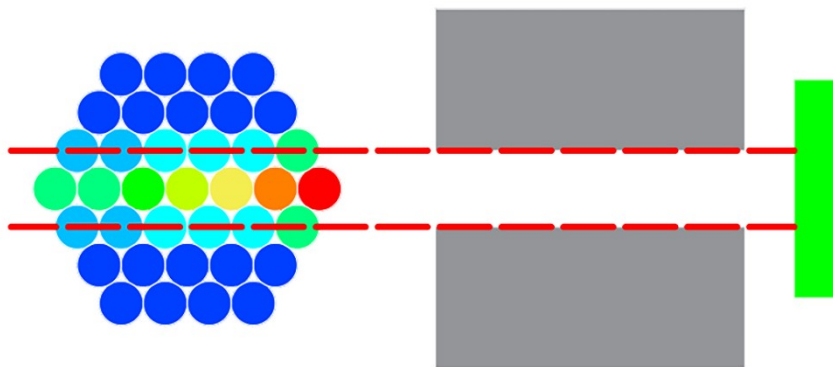
Cs^{134}



Cs^{137}



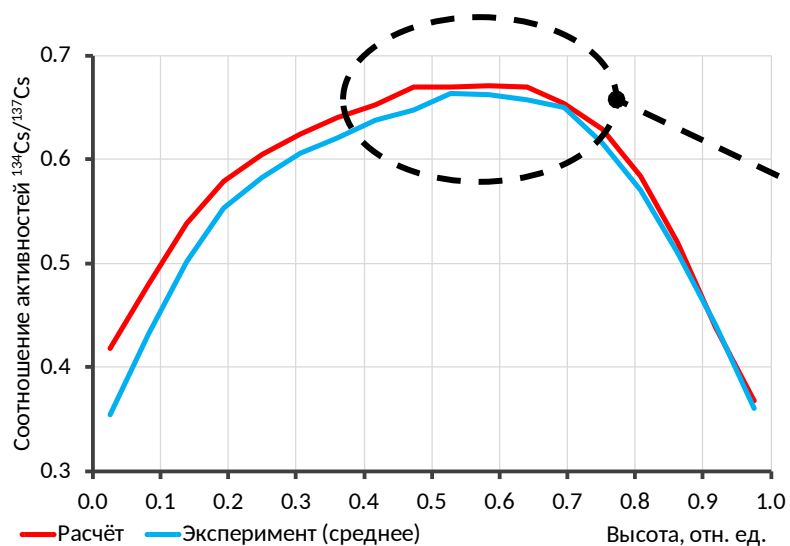
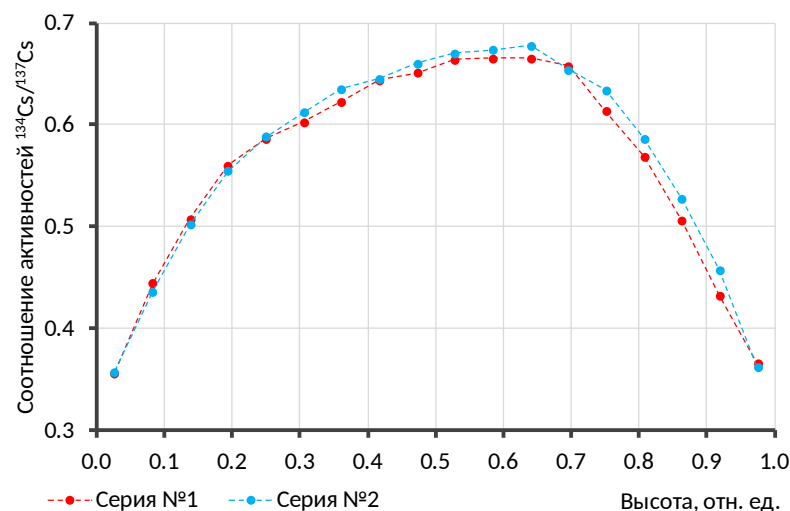
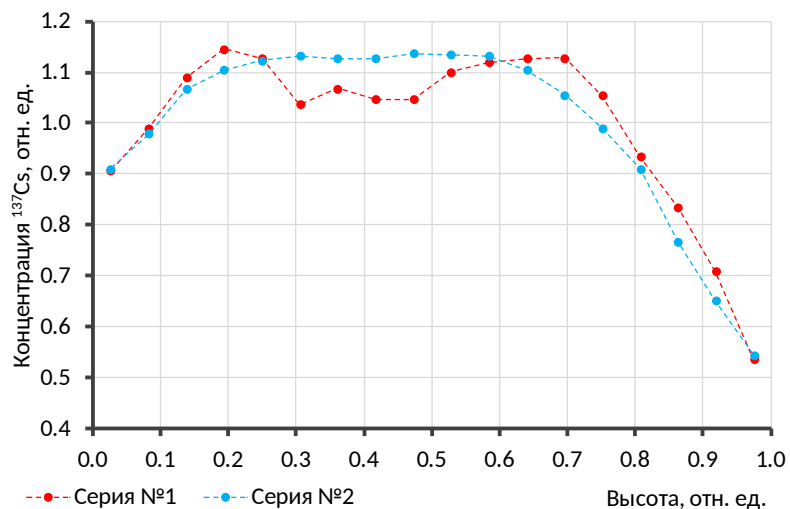
Весовые коэффициенты (MCU)



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



НИТИ
РОСАТОМ

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

