



**НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»**

**КУРЧАТОВСКИЙ КОМПЛЕКС АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

# **Программа повышенной точности для расчета изменения изотопного состава ядерного топлива в процессе выгорания**

Авторы: Титаренко И.А., Листов А.С.  
НИЦ «Курчатовский институт»

Нейтронно-физические проблемы атомной энергетики  
«Нейтроника-2024»  
28 - 31 мая 2024 г.

# Введение

В настоящее время проводятся работы по развитию комплекса САПФИР-2006 для решения вопросов как ядерной, так и радиационной безопасности при обращении с отработавшим ядерным топливом.

Для расчета выгорания необходимо иметь более универсальную программу нуклидной кинетики.



# Сравнение модулей выгорания

Характеристики	Старый модуль OTRAWA	Новый модуль S71T
Количество накопляемых изотопов	69	3780
Изменение концентраций отдельных изотопов	Проводится по эффективным кумулятивным данным	Происходит напрямую
Эффективный осколок	Используется	Не используется

# Модуль выгорания S71T

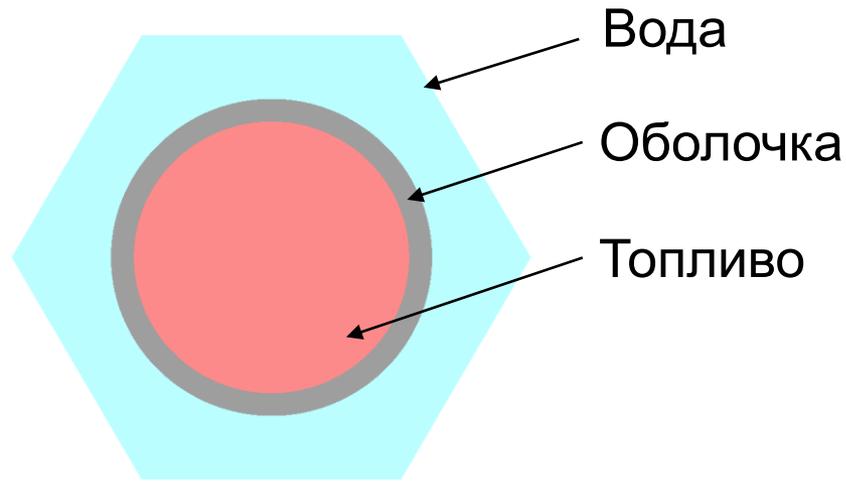
$$\frac{dN_i(t)}{dt} = \sum_{j \neq i} (\lambda_j + \sigma_j \Phi(t)) N_j(t) - (\lambda_i + \sigma_i \Phi(t)) N_i(t) + S_i,$$
$$N_i(0) = N_{i0}, i = 1, \dots, n$$

- Система уравнений нуклидной кинетики решается методом CRAM (Chebyshev rational approximation method)\* 16-го порядка точности;
- Библиотека констант подготовлена с использованием GRUCON на основе библиотек ENDF/B-VII.1 и EAF-2010;

\* M. Pusa, J. Leppänen. «Computing the Matrix Exponential in Burnup Calculations», Nuclear Science and Engineering: 164, pp. 140-150 (2010).

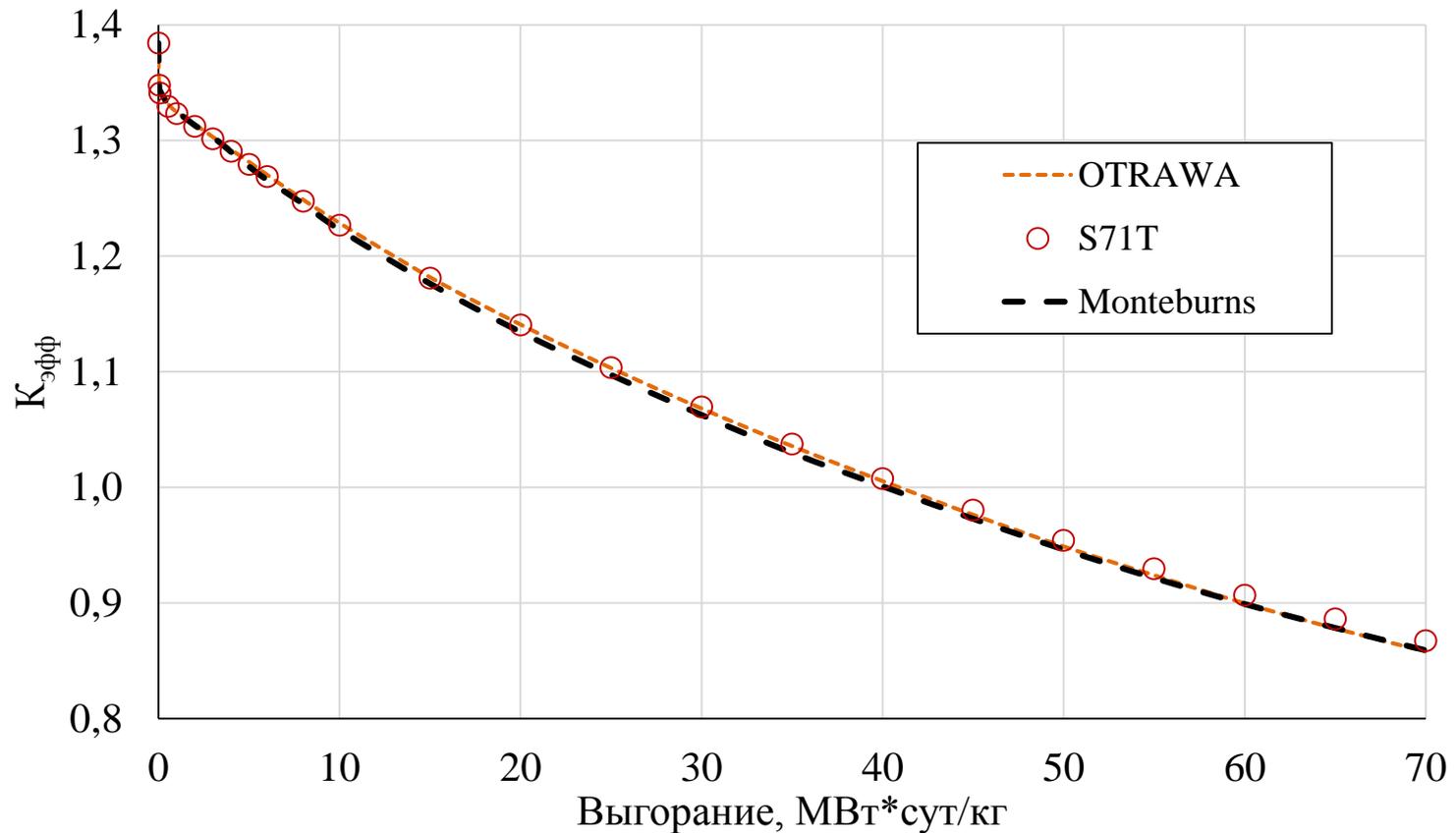


# Параметры расчетной модели

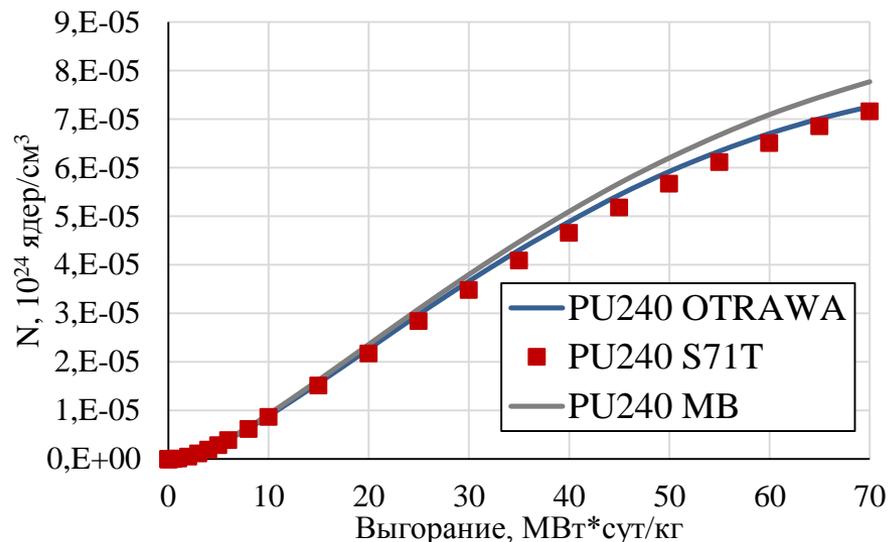
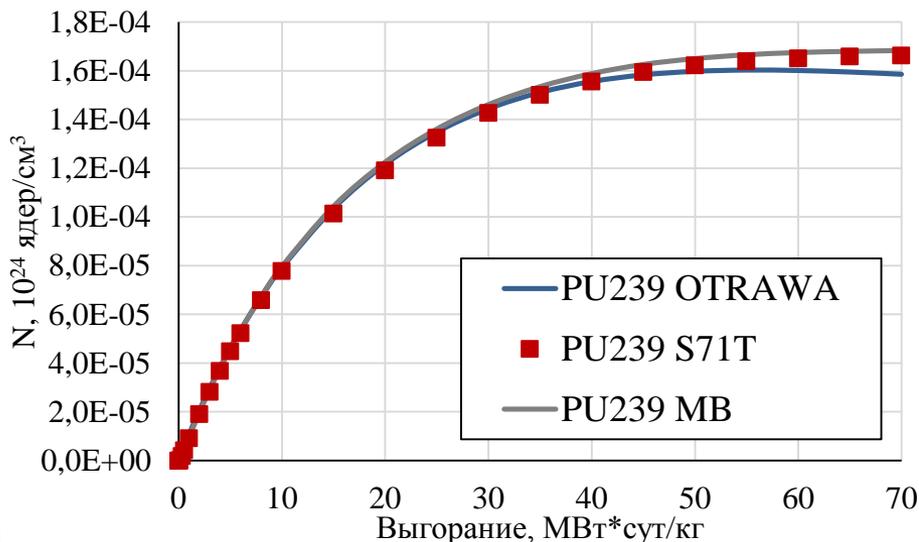
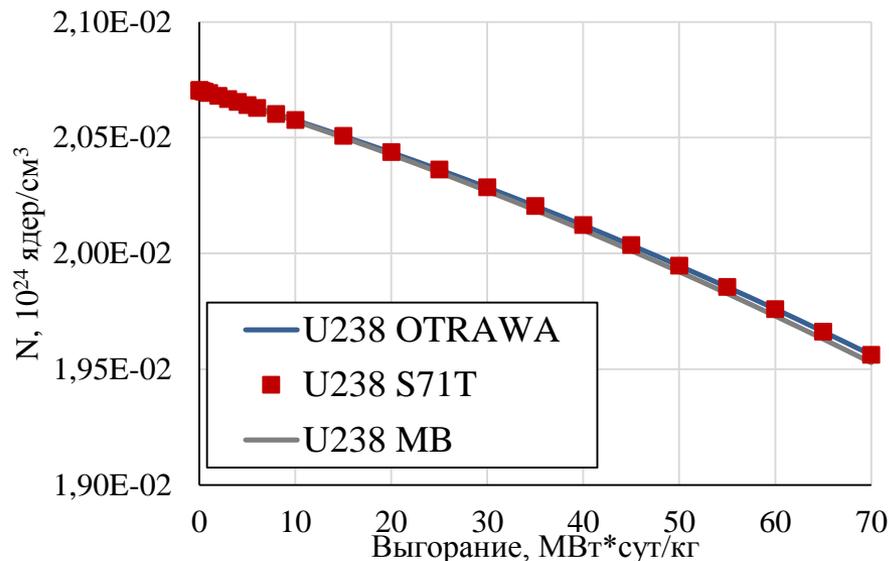
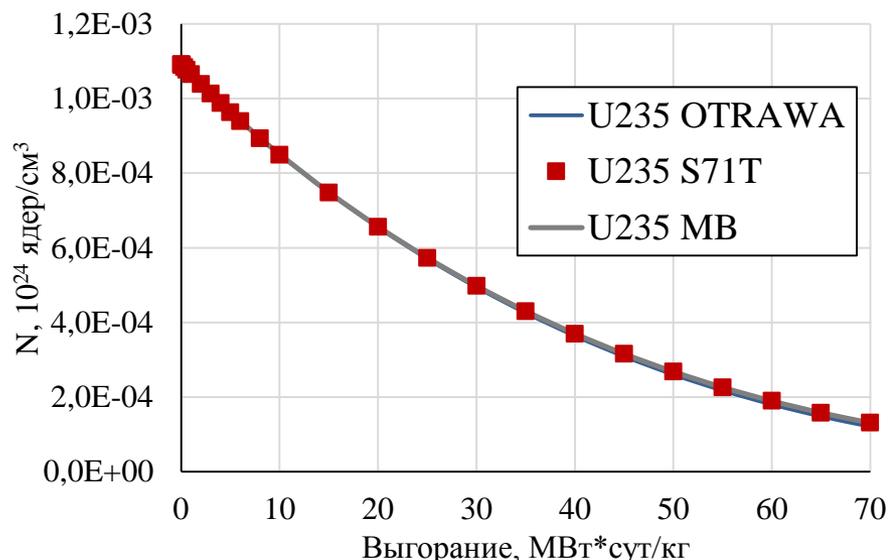


Параметр	Значение
Шаг решетки, см	1,275
Обогащение топлива (UO <sub>2</sub> ), % масс.	3,0-4,95
Материал оболочки	Э110
Давление, МПа	16
Температура топлива, °С	680
Температура воды и оболочки, °С	300
Мощность, кВт/л	109

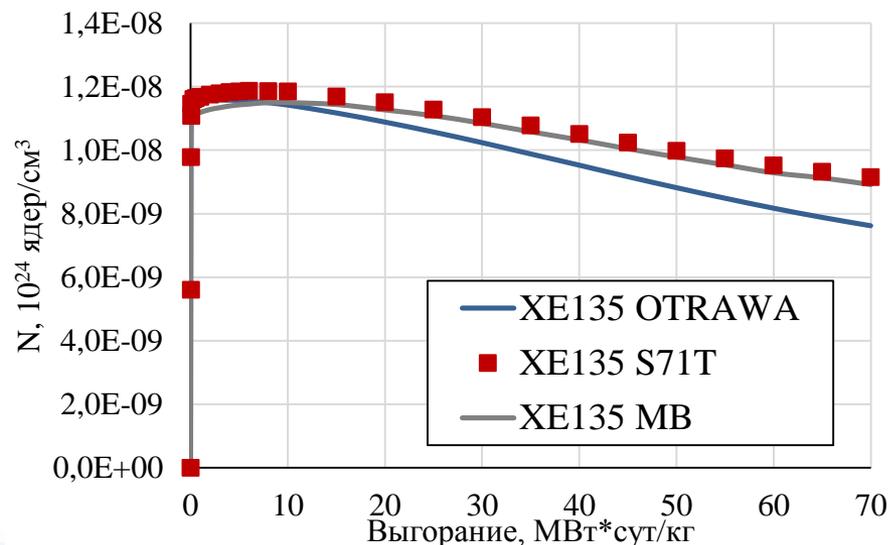
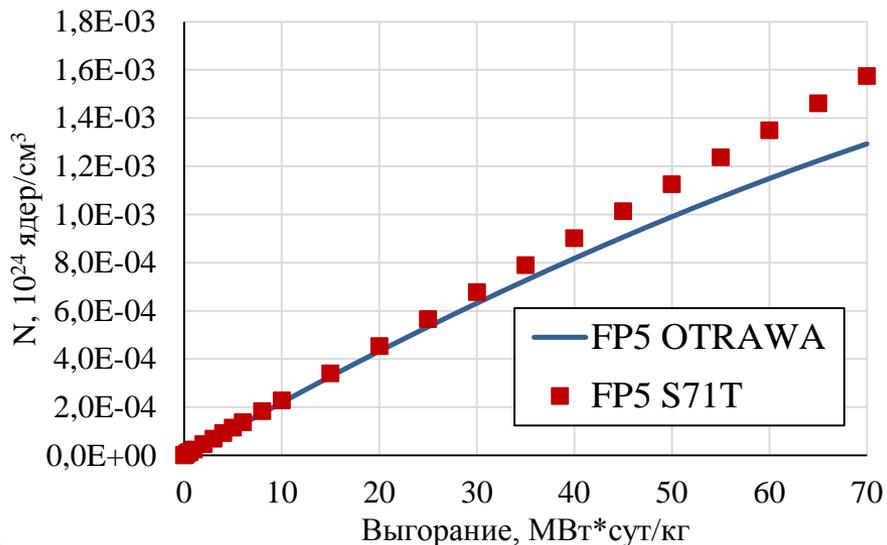
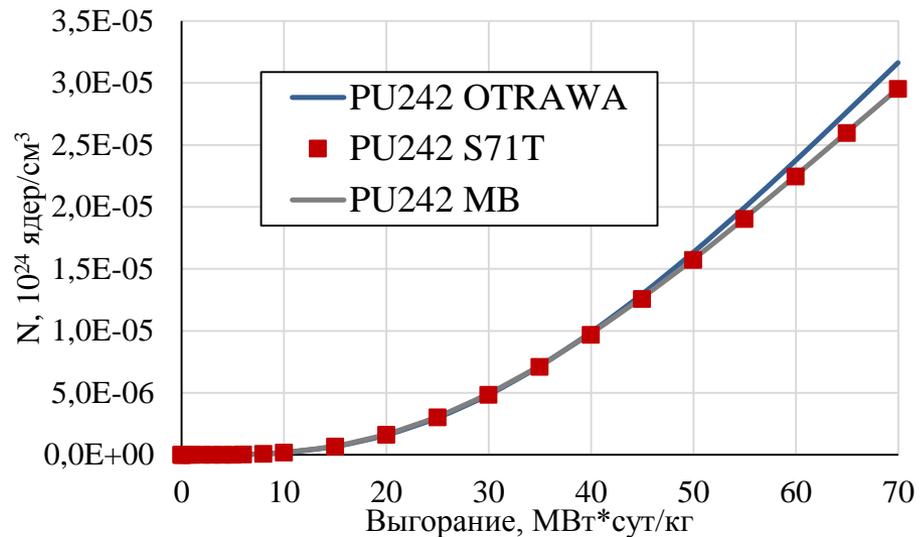
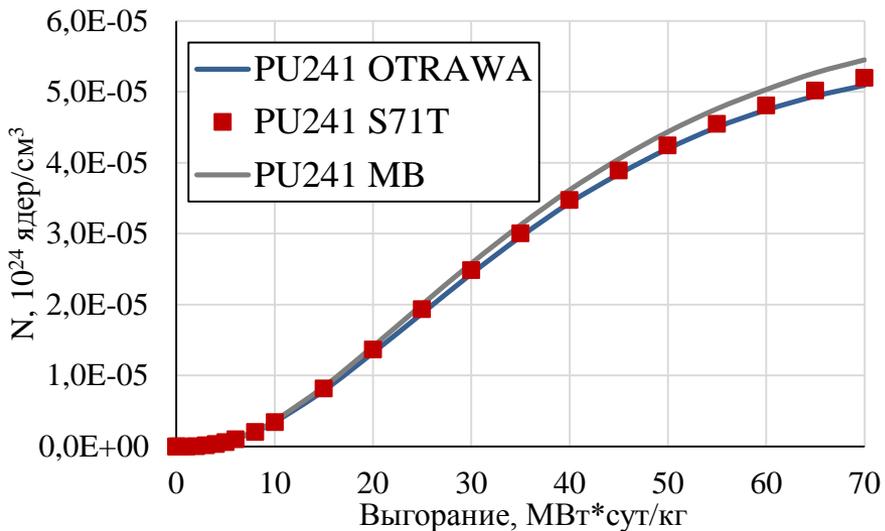
# Результаты расчета $K_{эфф}$



# Результаты расчета концентраций (1)



# Результаты расчета концентраций (2)

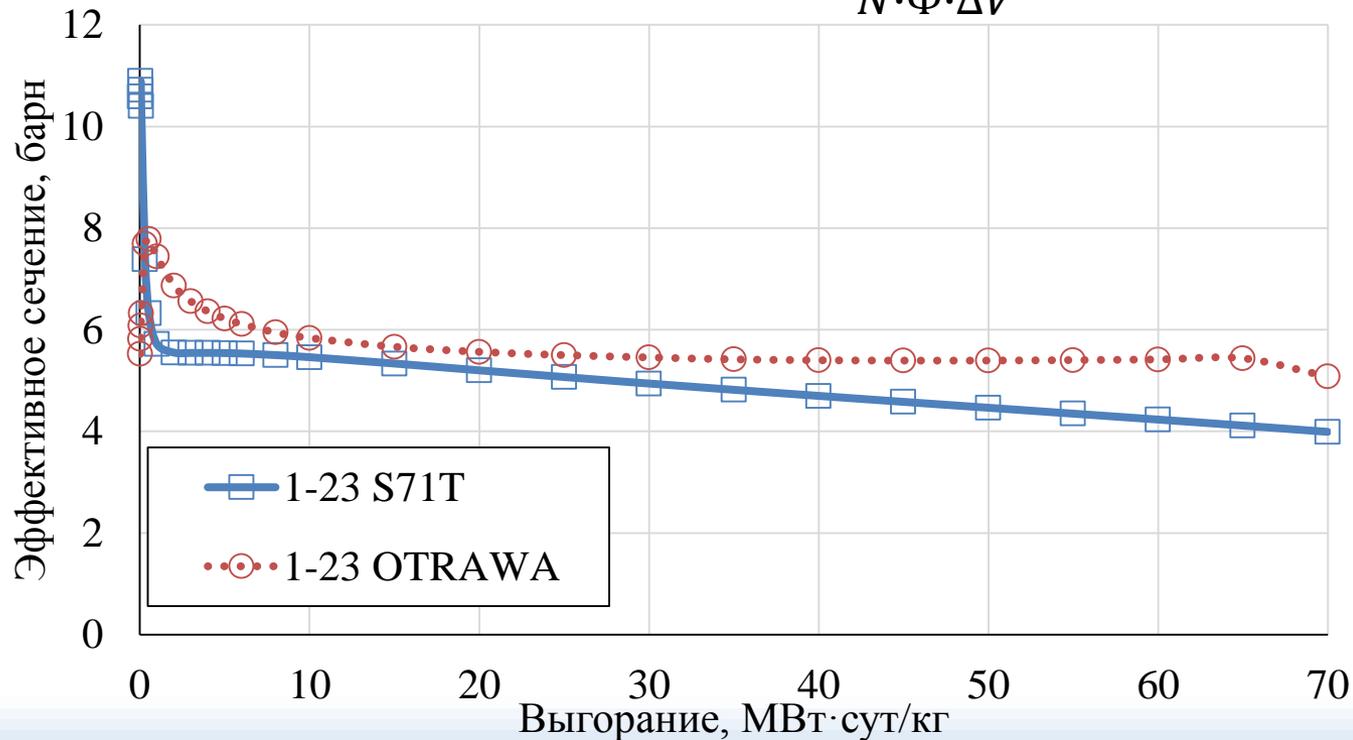


# Эффективный осколок (1)

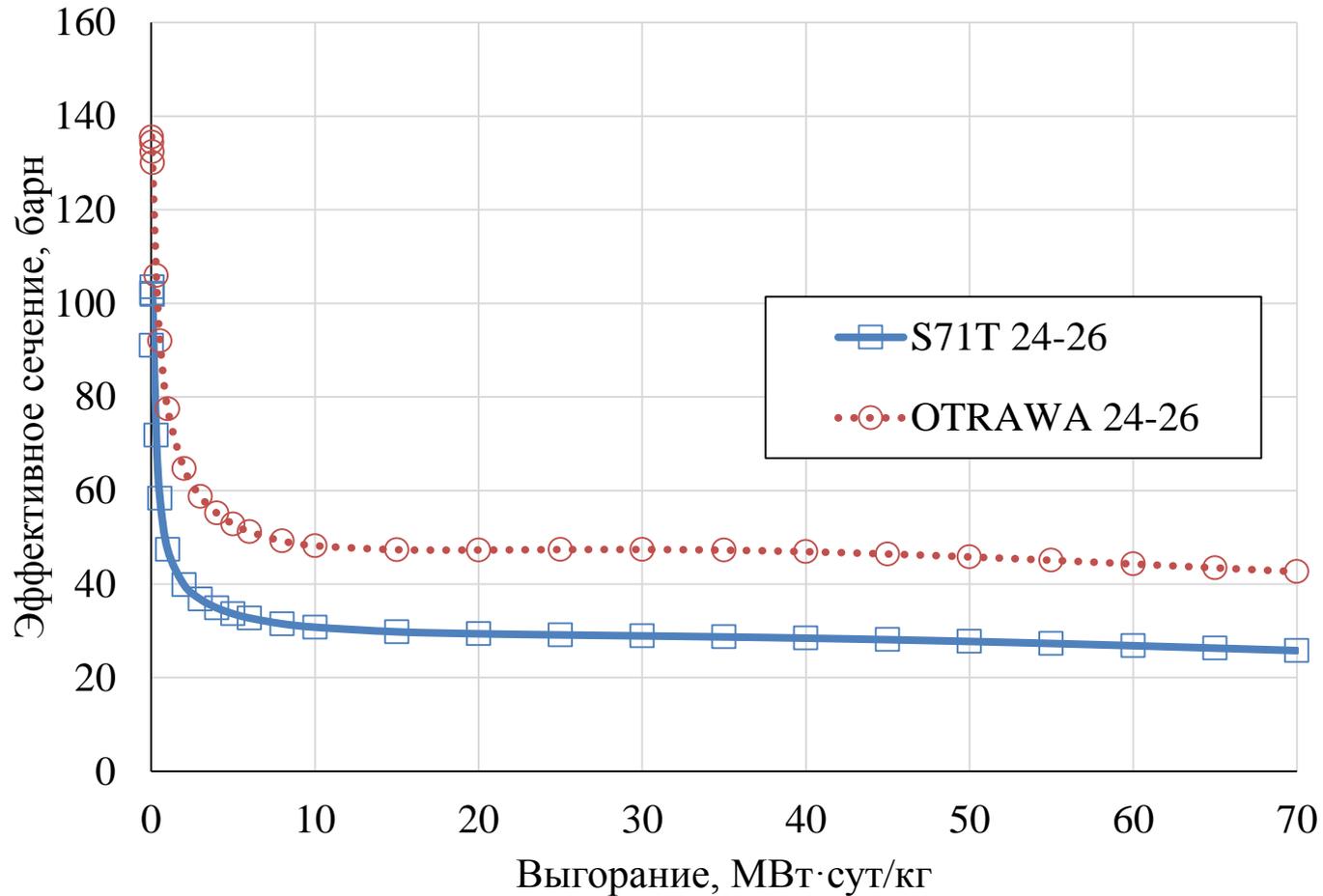
Для каждого делящегося материала можно заменить малозначимые изотопы (продукты деления, актиниды) одним изотопом с нулевыми сечениями рассеяния и деления.

Задача – сравнить эффективный осколок модуля OTRAWA с осколком, который напрямую рассчитывается в S71T.

$$\text{Эфф. сечение} = \frac{A}{N \cdot \Phi \cdot \Delta V}$$



# Эффективный осколок (2)



# Заключение

Разработана программа повышенной точности для расчета изменения нуклидного состава топлива в процессе выгорания.

Показано, что результаты расчетов  $K_{эфф}$  и концентраций изотопов по двум модулям нуклидной кинетики программного комплекса САПФИР-2006 хорошо согласуются между собой. Поэтому для задач по расчету  $K_{эфф}$  и изменения концентраций может использоваться модуль OTRAWA.

Для задач, связанных с определением мощности источников радиационного излучения в материалах, потребуется использование нового модуля S71T.



**Спасибо  
за внимание!**

