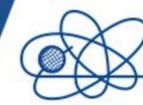


## Текущее состояние разработки и аттестации кода COMPLEX

Белов А.А., Березнев В.П., Вабищевич Н.П., Игнатъев И.А.,  
Исаков А.Б., Колташев Д.А., Потапов В.С.,  
Чертовских О.И., Шурыгин Р.Е.

Научно-практическая конференция  
«Нейтронно-физические проблемы атомной энергетики  
(НЕЙТРОНИКА-2024)»  
28 мая – 31 мая 2024 г.  
г. Обнинск

- Краткая информация о коде
- Графическая оболочка кода COMPLEX и ее возможности
  - Формирование сценария и его расчет в автоматическом режиме
  - Средства визуализации
  - 3D редактор
- Школа-семинар в ТПУ
- Аттестация кода COMPLEX
- Планы дальнейшего развития



ИБРАЭ

# Краткая информация о коде COMPLEX



ИБРАЭ

- Код COMPLEX предназначен для расчетного обоснования ядерной и радиационной безопасности при обращении с топливными и радиоактивными материалами, на АЭС, объектах топливного цикла и при логистике.
- В качестве источников ионизирующего излучения могут выступать:
  - активная зона реактора при его работе на мощности за счет цепной реакции деления;
  - радиоактивные материалы, включая топливные и конструкционные материалы, теплоноситель РУ, твэл, ТВС, сборки и другие облученные элементы РУ, поступившие на производства по переработке, рефабрикации и обращения с РАО на предприятия топливного цикла, а также при их транспортировке и хранении.

- Код для обоснования радиационной и ядерной безопасности COMPLEX включает в себя следующие программные единицы:

Разрабатываемые в ИБРАЭ РАН:

- нейтронно-физический расчетный код на базе приближения дискретных ординат на структурированных сетках **CORNER**
- нейтронно-физический расчетный код на базе диффузионного приближения **DOLCE VITA**
- нейтронно-физический расчетный код на базе приближения дискретных ординат на неструктурированных сетках **ODETTA**
- код нуклидной кинетики, расчета активности и остаточного тепловыделения **BPSD**
- пре- и постпроцессор **COMPLEX-GUI**

Разрабатываемый в НИЦ «Курчатовский институт»:

- нейтронно-физический расчетный код на базе метода Монте-Карло **MCU-FR**

Разрабатываемый в АО «Прорыв»:

- модуль расчета источника ионизирующего излучения **RASTAS**

- Код использует разработанную в АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»:

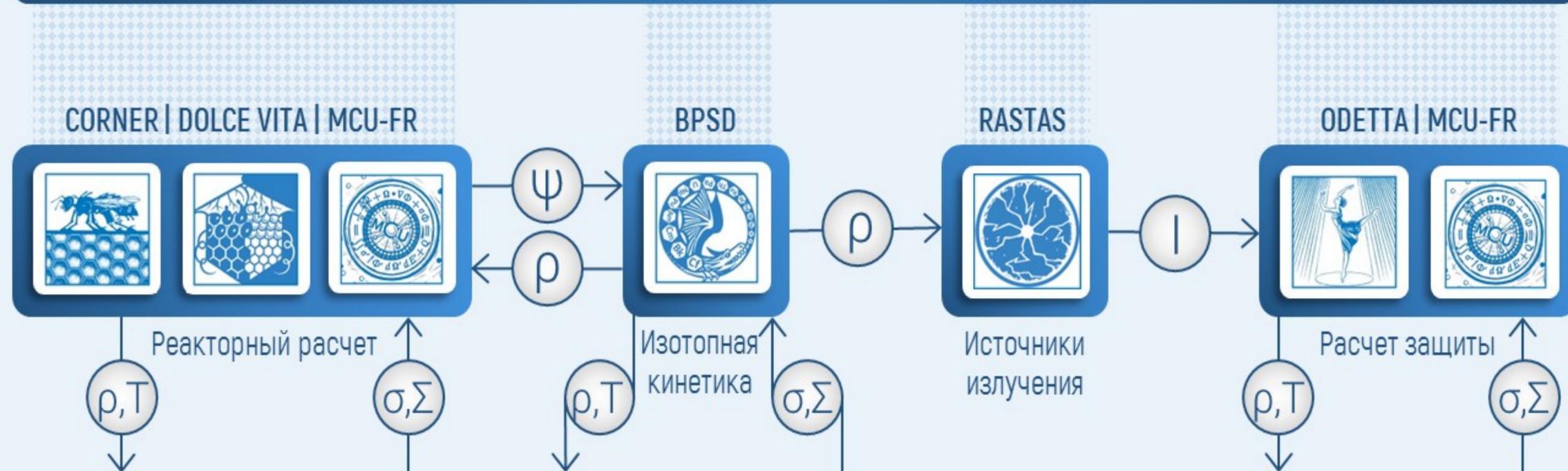
- систему константного обеспечения CONSYST/БНАБ



## Complex-GUI|V2.1

### Исходные данные

материальные составы, режим выгорания, геометрия, CAD-модель



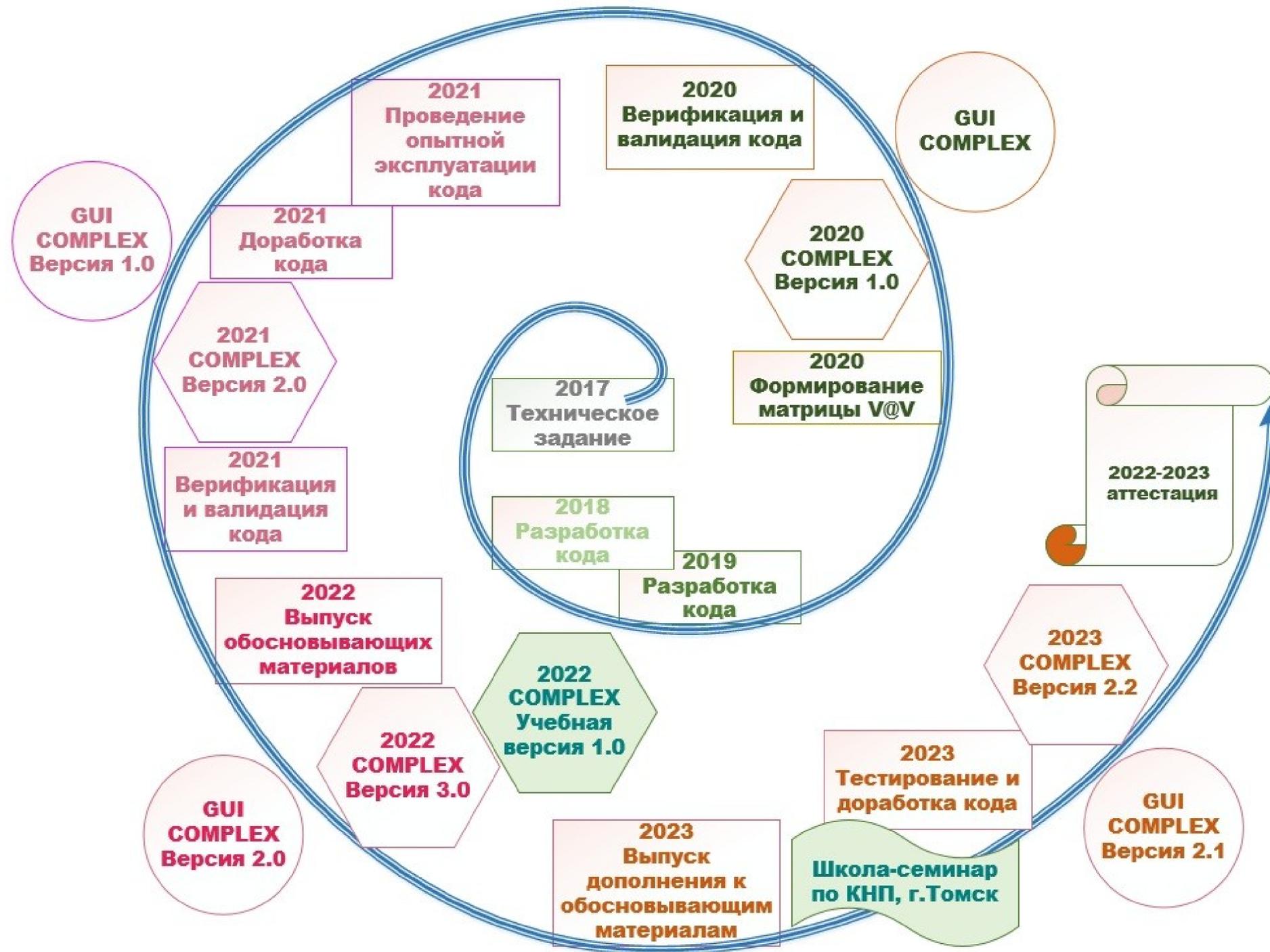
Библиотеки и система подготовки констант

# Историческая справка по работам над кодом COMPLEX



ИФЯЧ

COMPLEX





ИБРАЭ

Графическая оболочка  
кода COMPLEX и ее  
ВОЗМОЖНОСТИ



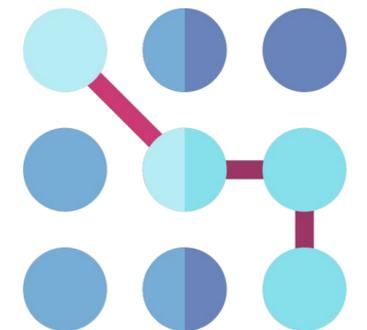
ИБРАЭ

# Организация расчетов в коде COMPLEX

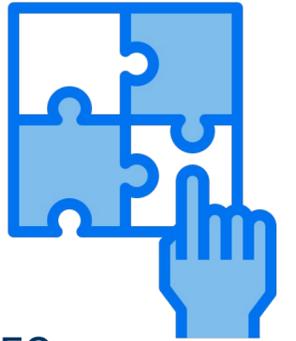
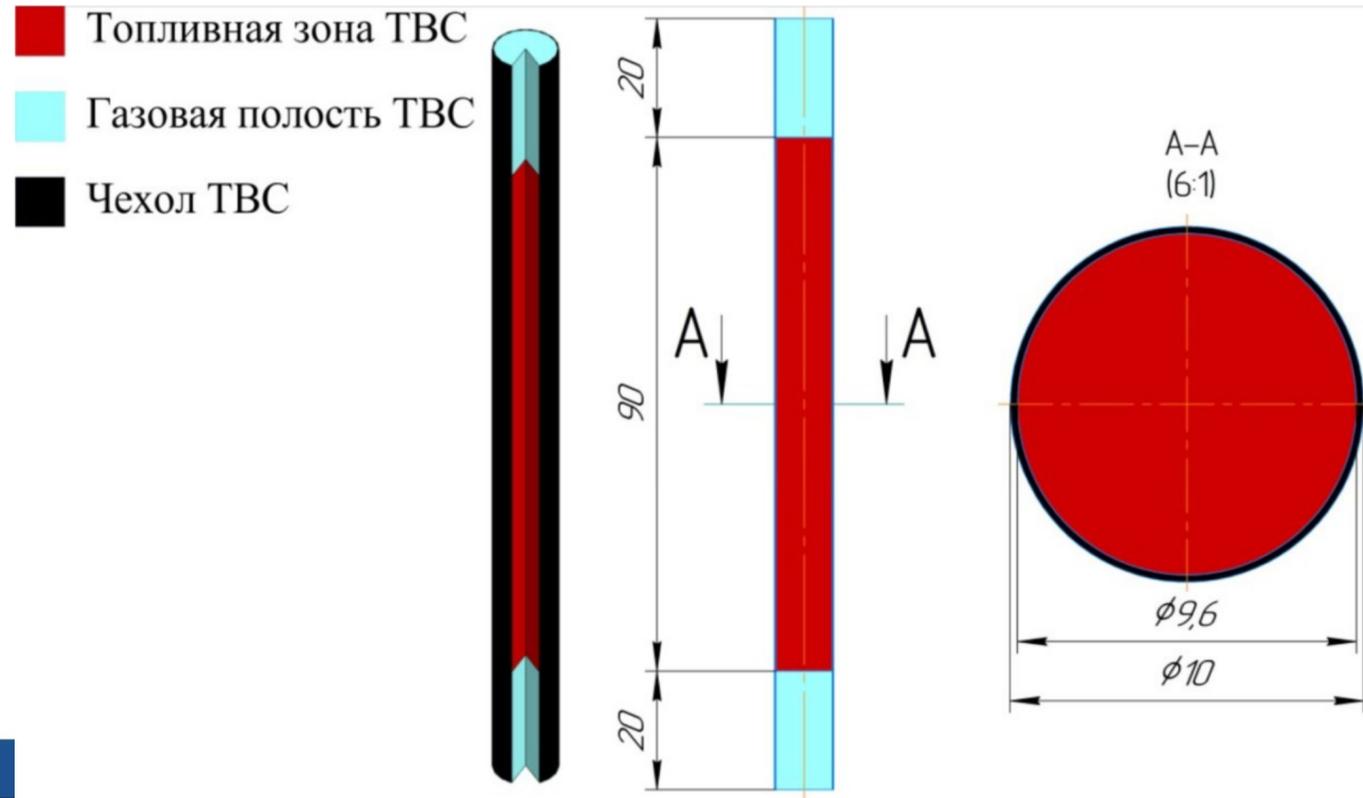


ИБРАЭ

№ сценария	Шаблон	Задействованные расчетные модули			
1	1	CORNER	-	-	-
2	1	DOLCE VITA	-	-	-
3	1	BPSD	-	-	-
4	1	RASTAS	-	-	-
5	1	MCU-FR	-	-	-
6	1	ODETTA	-	-	-
7	2	CORNER	BPSD	-	-
8	2	DOLCE VITA	BPSD	-	-
9	2	RASTAS	MCU-FR	-	-
10	2	RASTAS	ODETTA	-	-
11	3	BPSD	RASTAS	MCU-FR	-
12	3	BPSD	RASTAS	ODETTA	-
13	4	CORNER	BPSD	RASTAS	MCU-FR
14	4	DOLCE VITA	BPSD	RASTAS	MCU-FR
15	4	CORNER	BPSD	RASTAS	ODETTA
16	4	DOLCE VITA	BPSD	RASTAS	ODETTA



# Организация расчетов в коде COMPLEX пример



## Задача:

оценить мощность эффективной дозы фотонного излучения от незащищенной свежей ТВС (МОКС-топливо из высокофонового плутония изготовлено 2 года назад)

## Решение:

промоделировать двухлетнее хранение топлива (эволюцию топливного состава) при помощи модуля **BPSD**;

получить источник фотонов от топлива по модулю **RASTAS**;

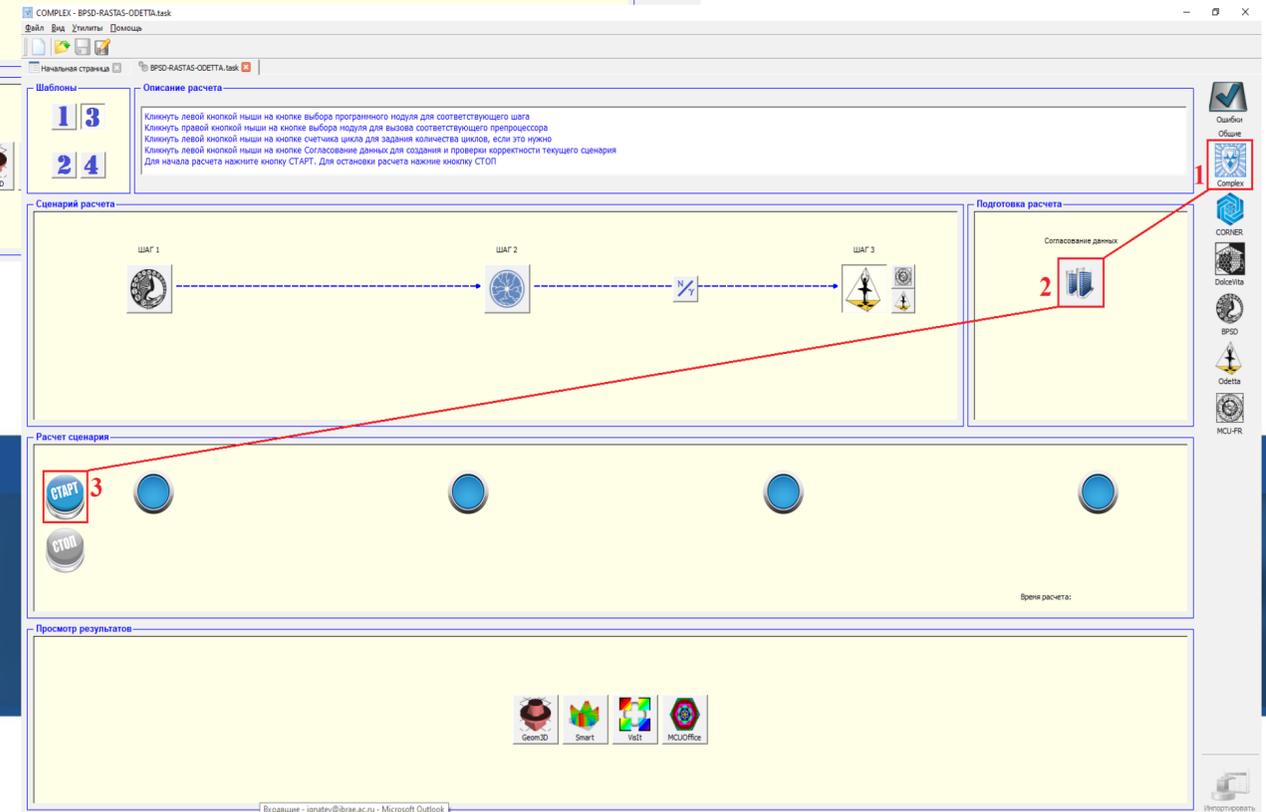
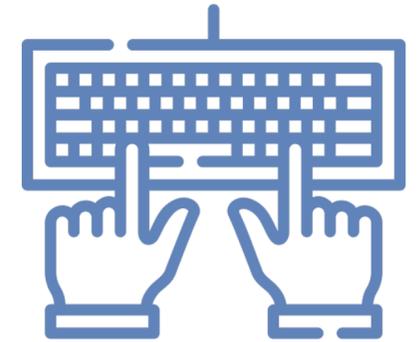
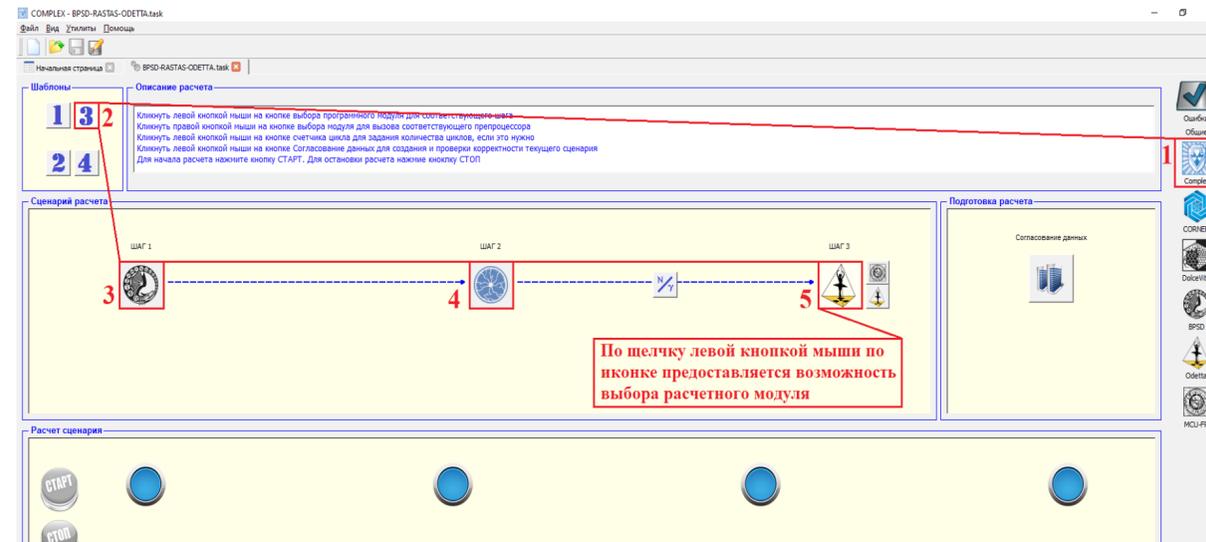
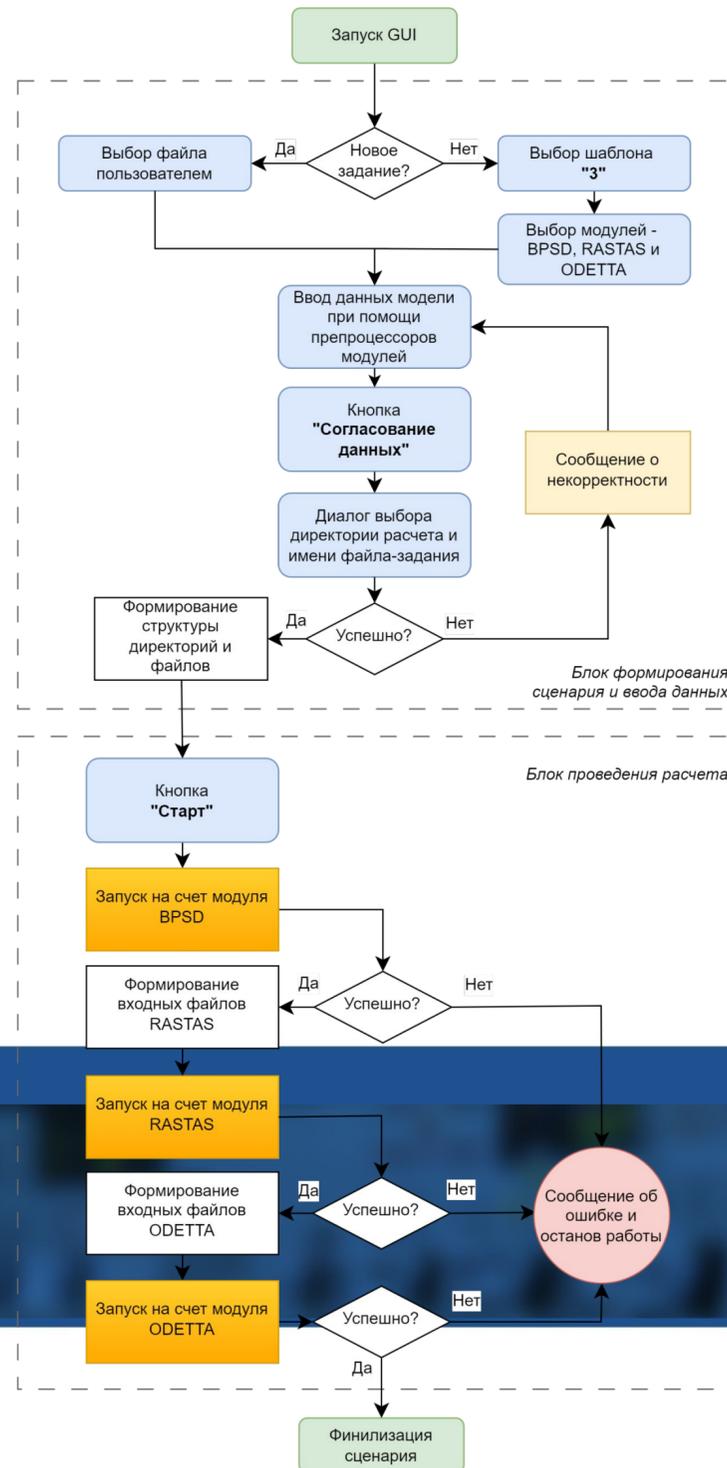
решить задачу переноса фотонов и рассчитать МЭД с помощью модуля **ODETTA**



# Организация расчетов в коде COMPLEX



ИБРЕ Пример

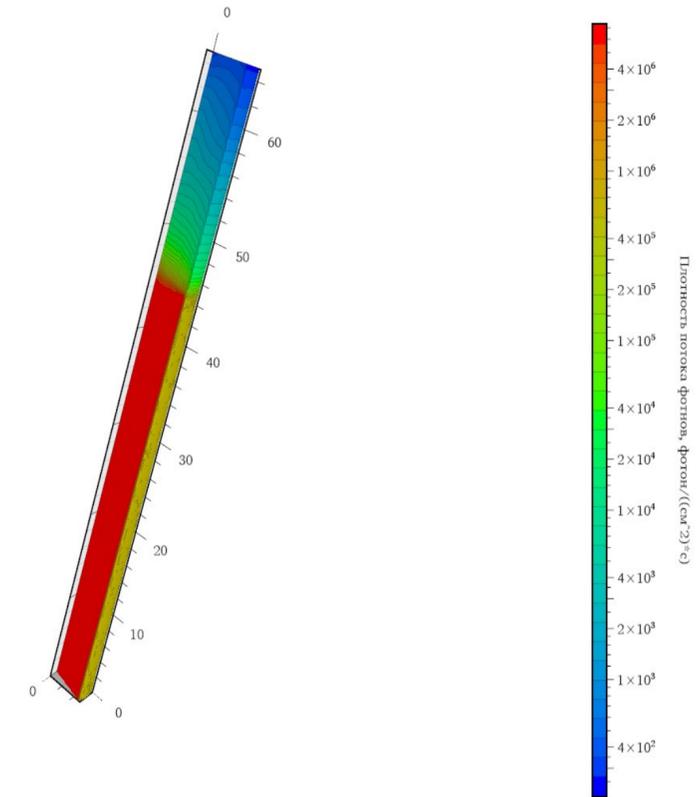
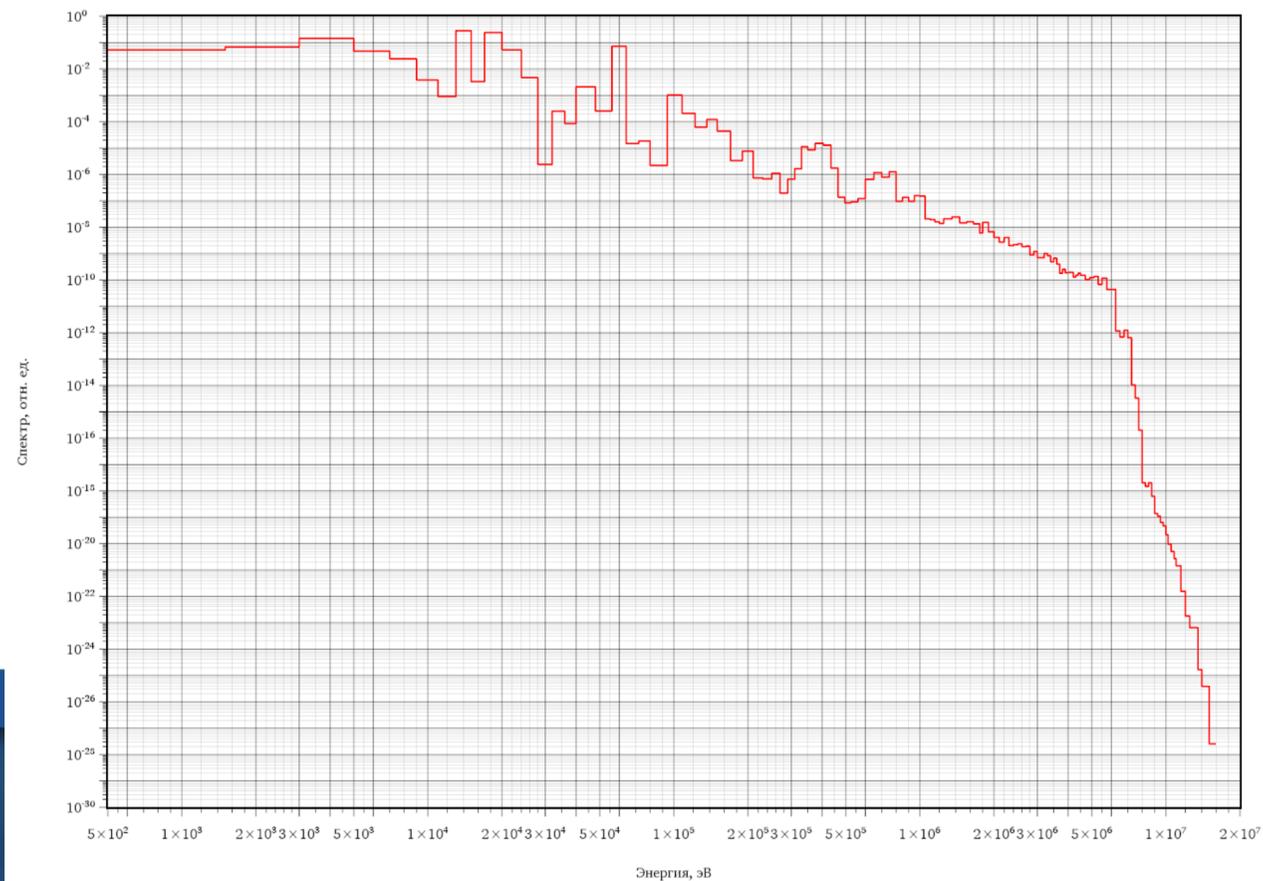


# Организация расчетов в коде COMPLEX Пример



ИБРЭ

Пример



Z  
Y  
X

Расстояние от центра ТВС, см	Мощность эффективной дозы, мкЗв/ч		Относительное отклонение, %
	Реперные результаты	ОДЕТТА	
5,5	651	671	3,07
55	38,8	41,4	6,70
105	12,8	14,9	16,4

# Первая версия 3D редактора. Пример



ИБРАЭ

В 2023 году разработана первая версия 3D редактора кода COMPLEX, обладающая минимально необходимой функциональностью для подготовки простых входных файлов для модулей ODETTA и MCU-FR. Единый 3D редактор предназначен для построения геометрических и материальных моделей ОИАЭ и формирования входных файлов указанных модулей.

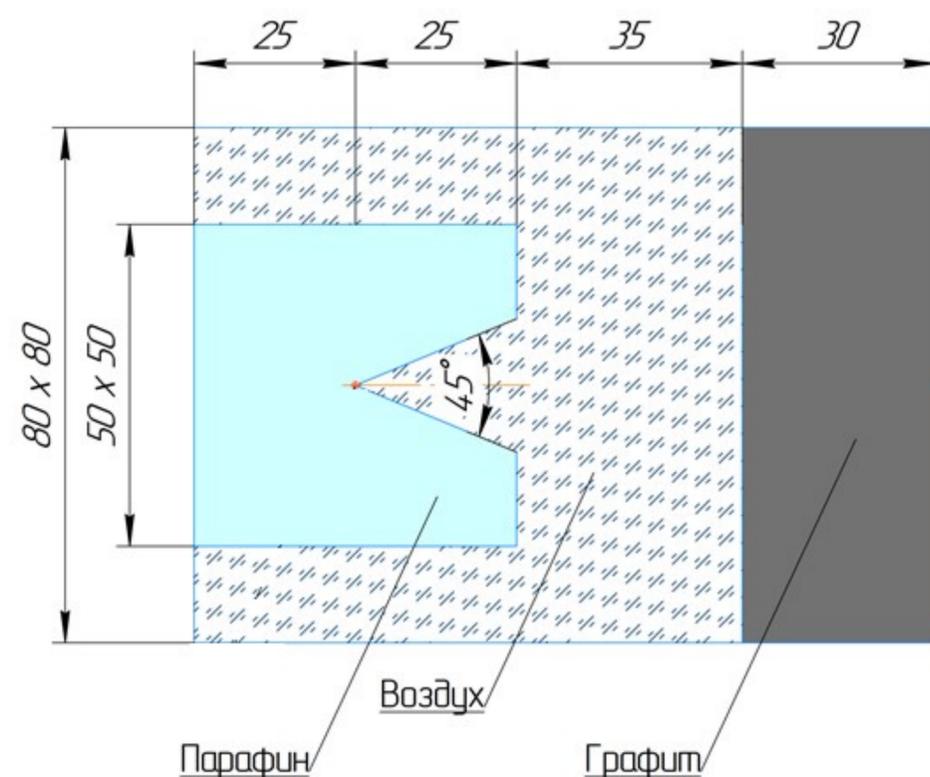
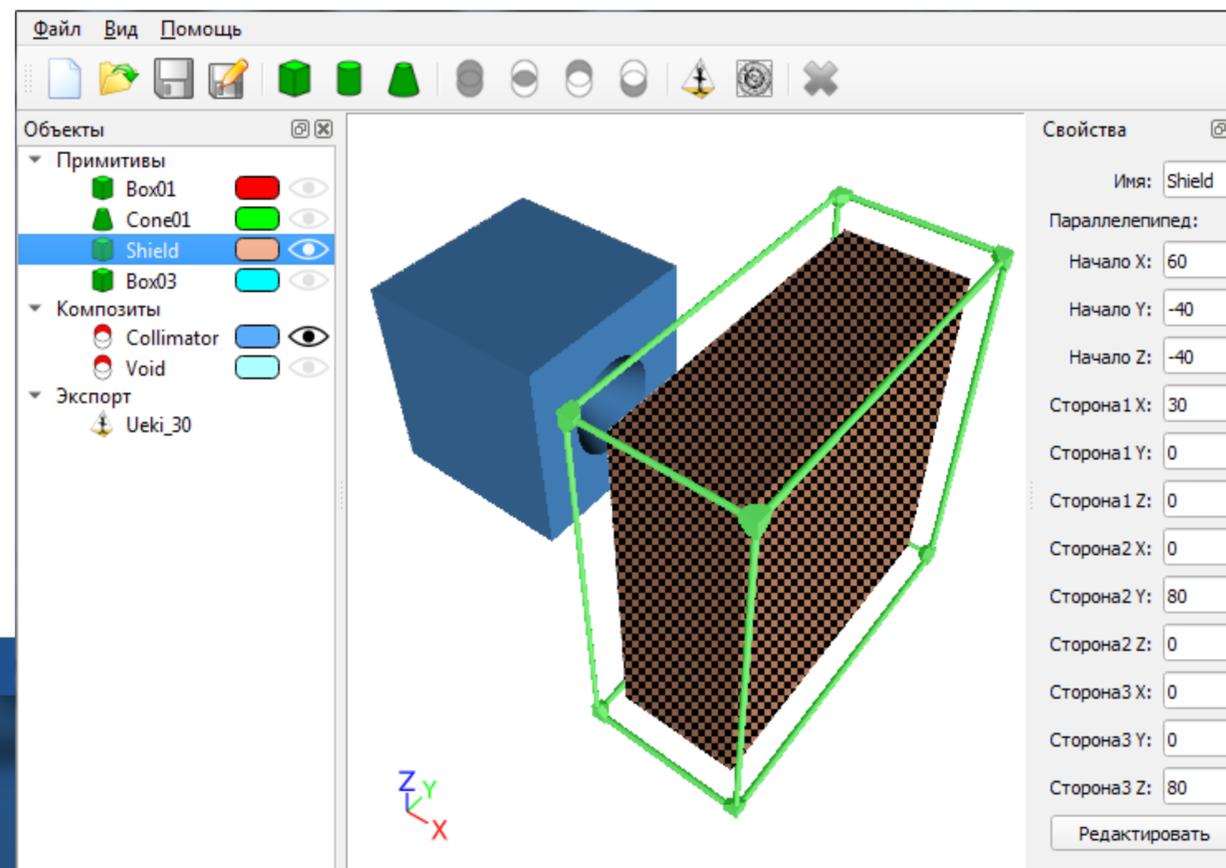
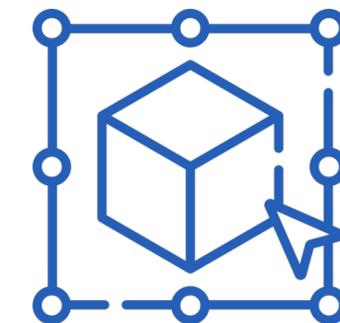


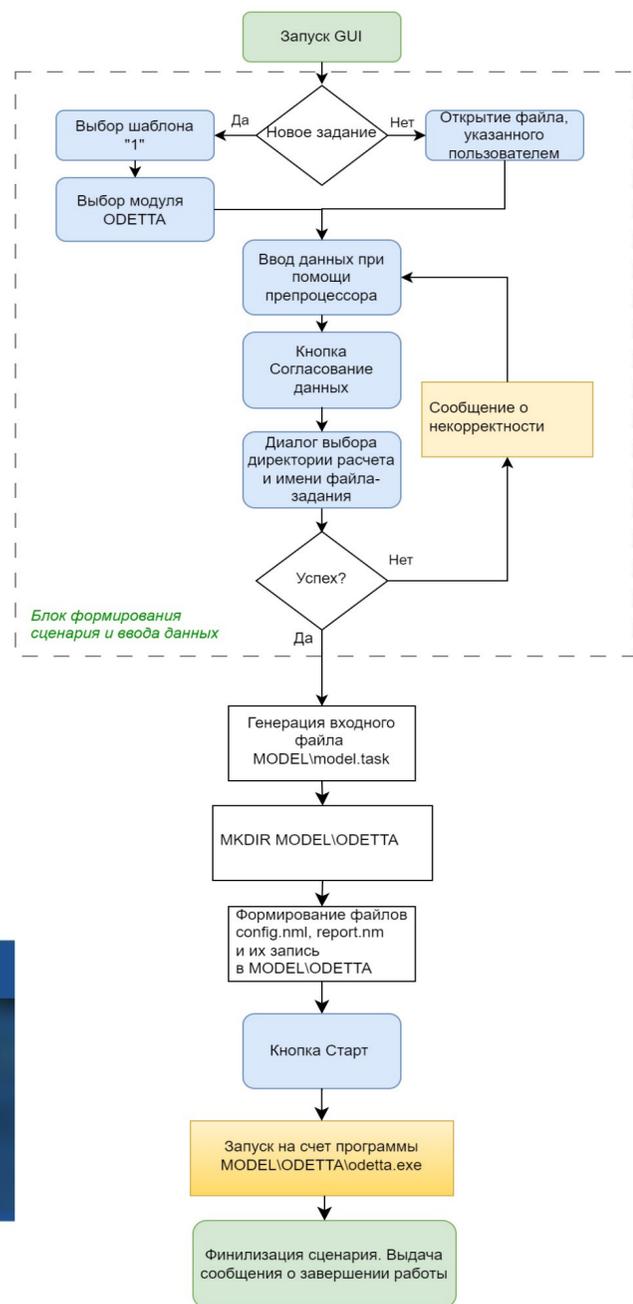
Схема экспериментальной установки. Красной точкой показано размещение источника ( $^{252}\text{Cf}$ )



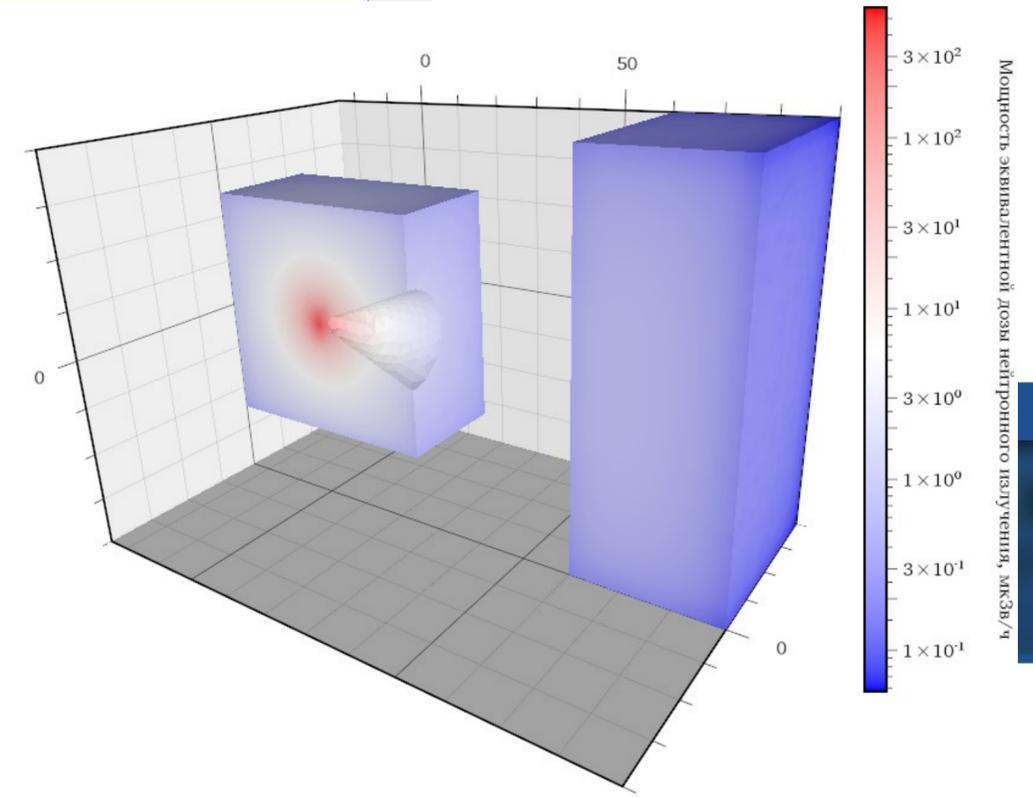
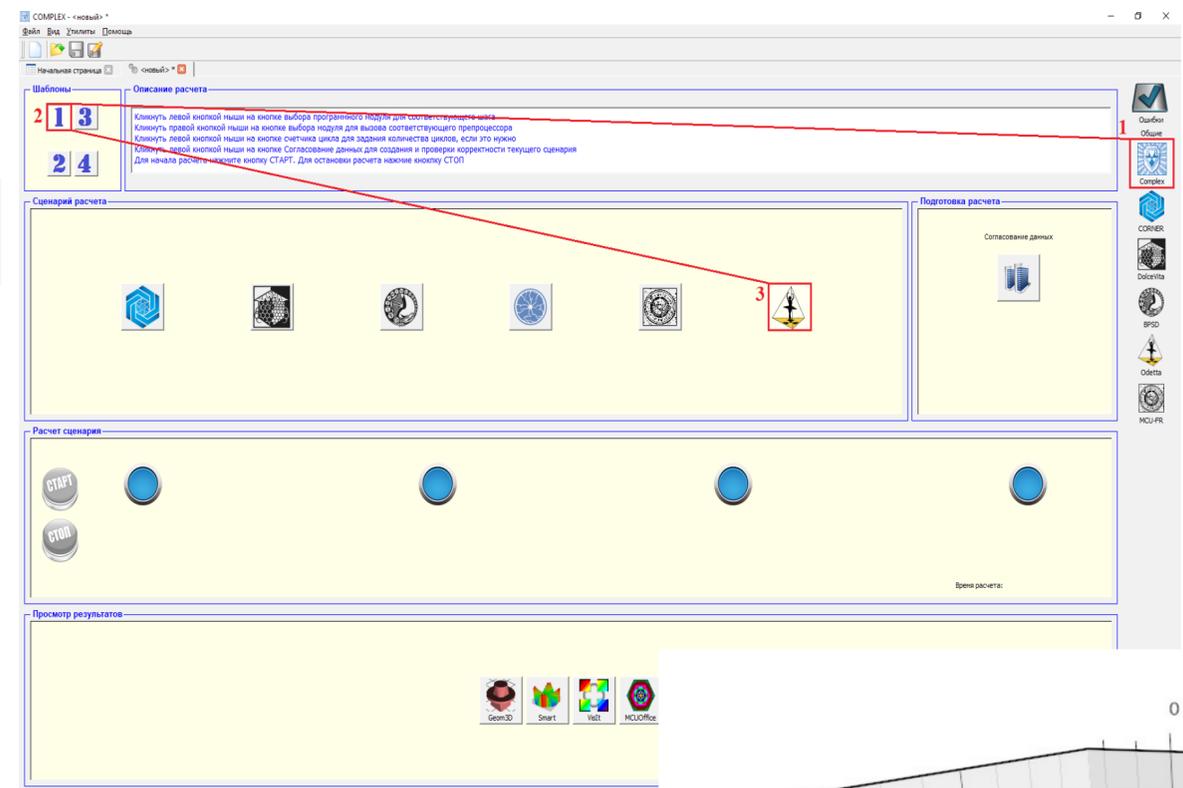
Вид окна 3D редактора со сценой формирования модели эксперимента Ship Research Institute

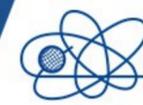


# Первая версия 3D редактора. Пример



Сценарий № 6 ODETTA





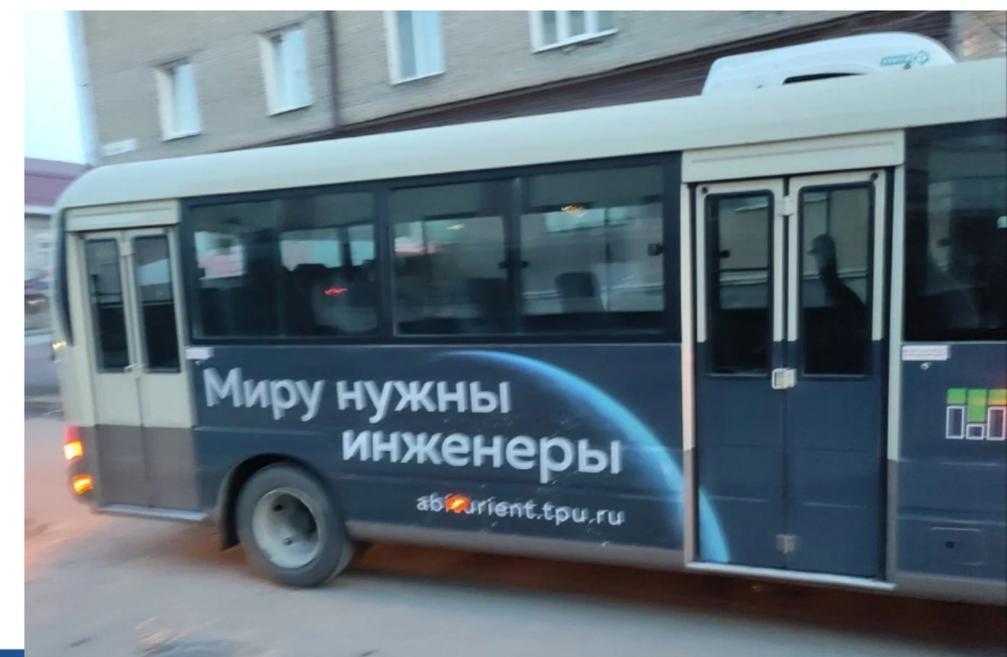
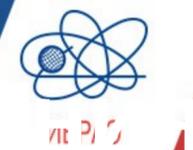
ИБРАЭ

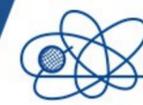
Школа семинар кодов но-  
вого поколения в  
г.Томске, 2023 г.



ИБРАЭ

# VI Школа-семинар по кодам нового покол





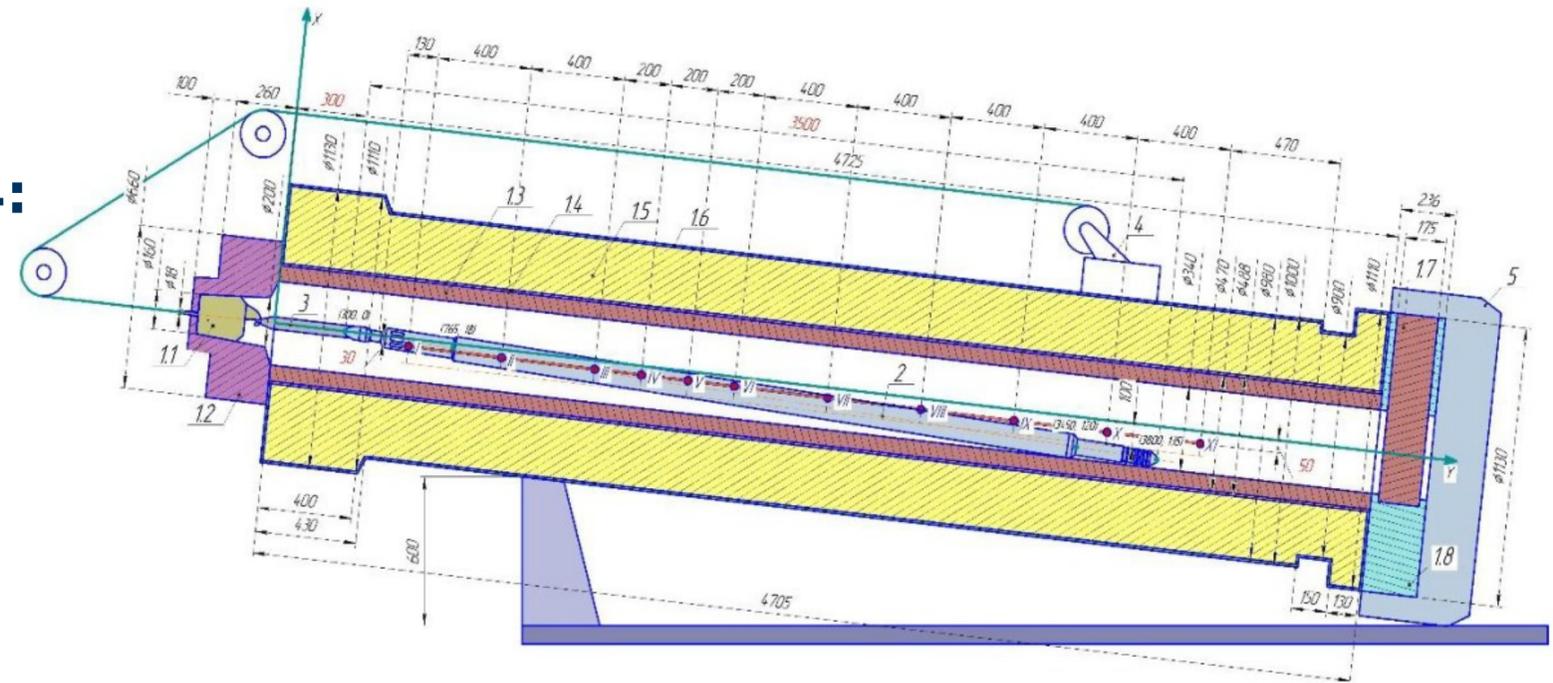
ИБРАЭ

# Аттестация кода COMPLEX



ИБРАЭ

## Экспериментальная конфигурация



### Интегральный расчет по сценариям 13 и 14:

- DOLCE VITA ↔ BPSD → RASTAS → MCU-FR
- CORNER ↔ BPSD → RASTAS → MCU-FR

### Этап 1. Расчет кампании ТВС:

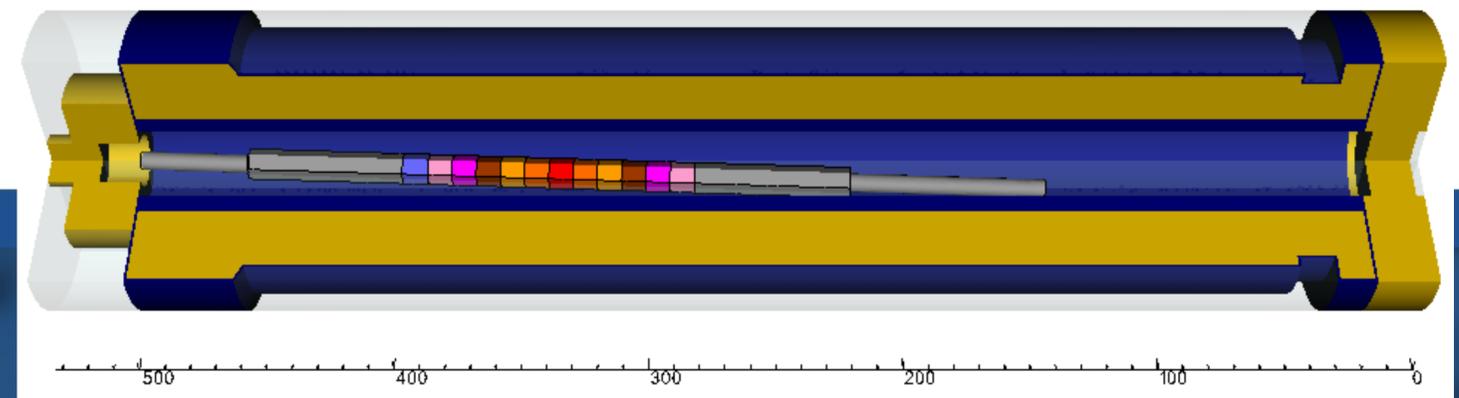
- DOLCE VITA ↔ BPSD
- CORNER ↔ BPSD

### Этап 2. Подготовка источника радиоактивного излучения:

- RASTAS

### Этап 3. Расчет переноса частиц и расчет МАЭД:

- MCU-FR

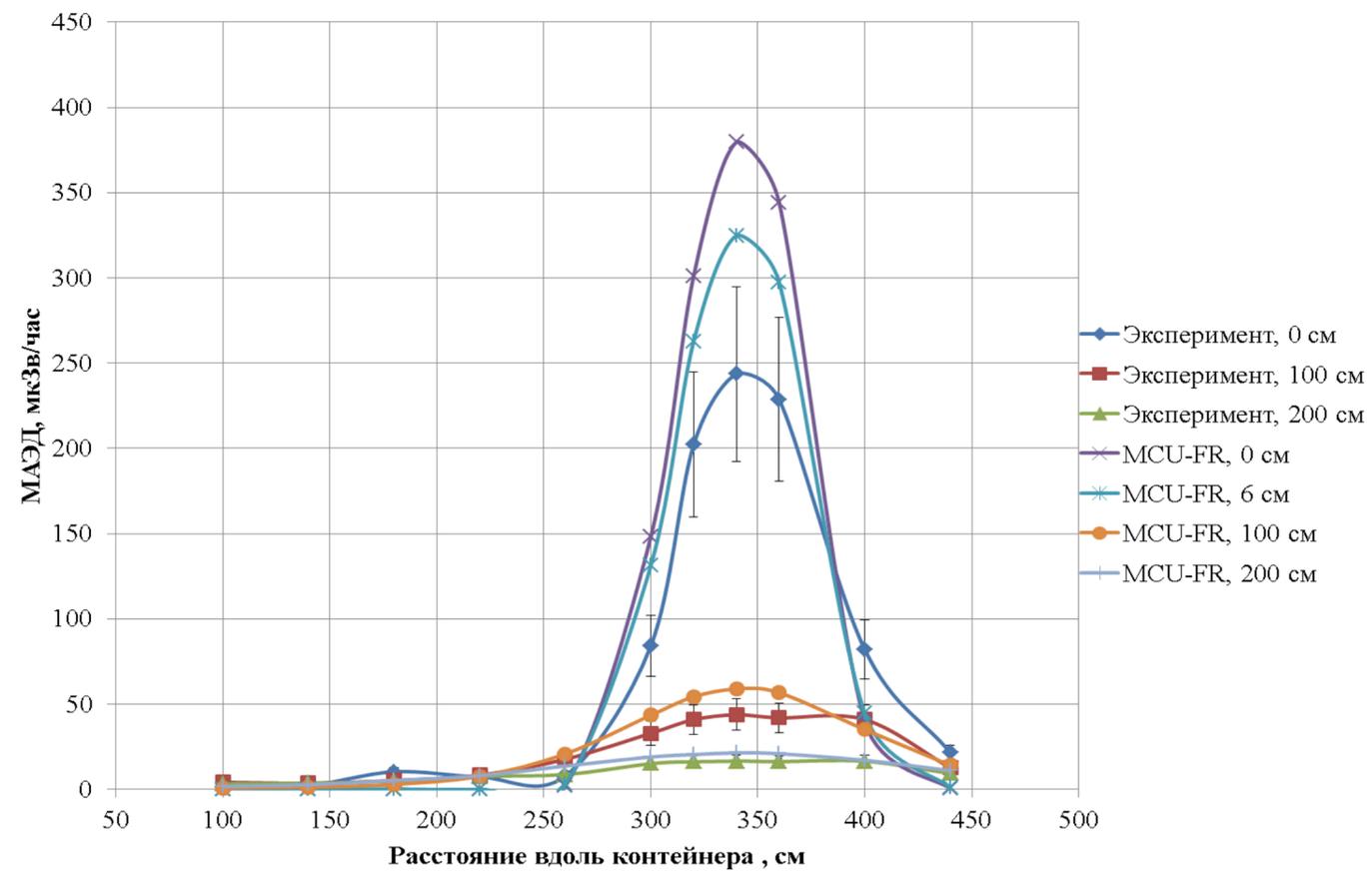


Расчетная модель КТ-340 с ЭТВС

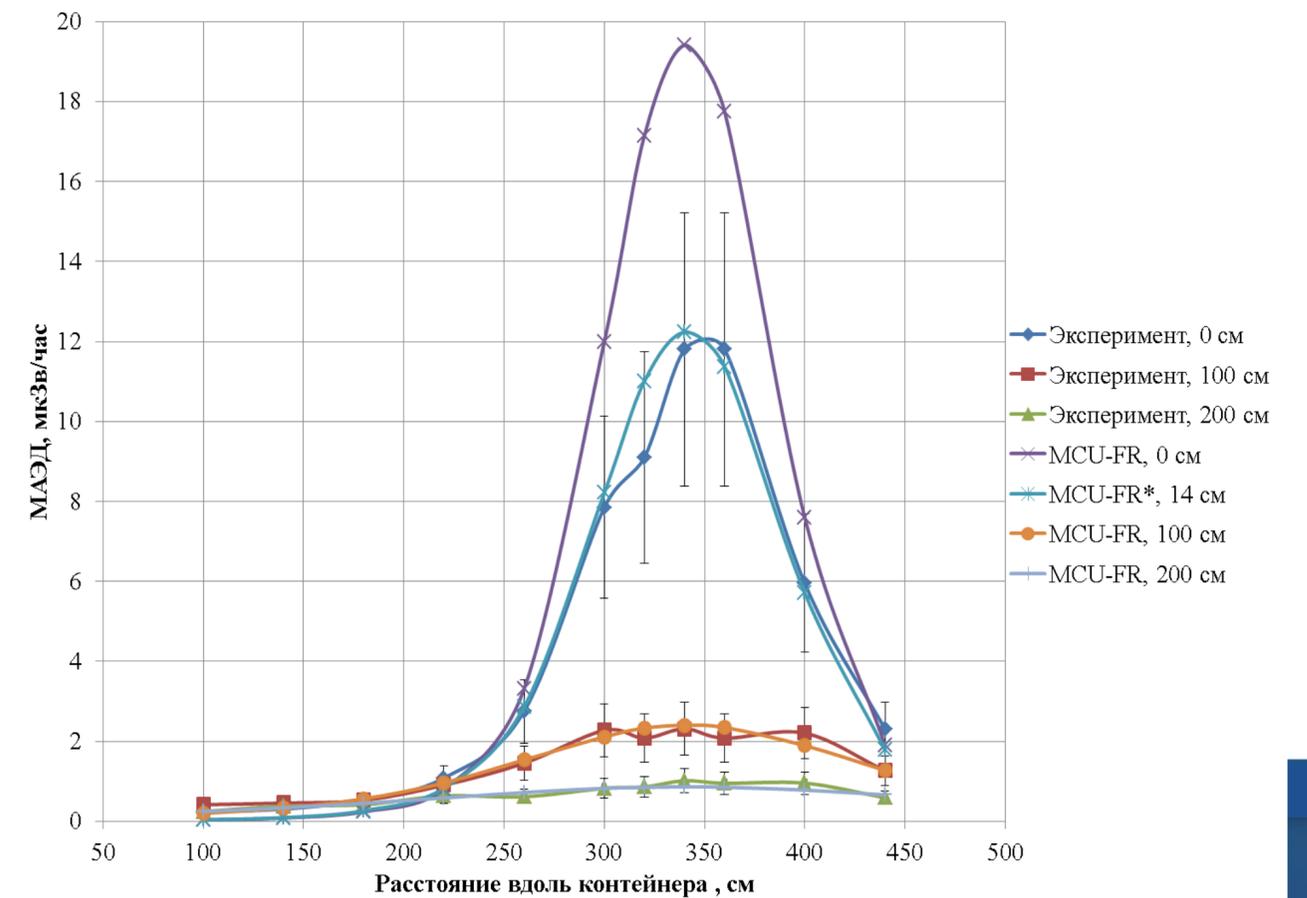
# Ключевые результаты валидации (2)



Мощность амбиентного эквивалента дозы (МАЭД) вдоль контейнера КТ-340 с ЭТВС-12



МАЭД от гамма излучения

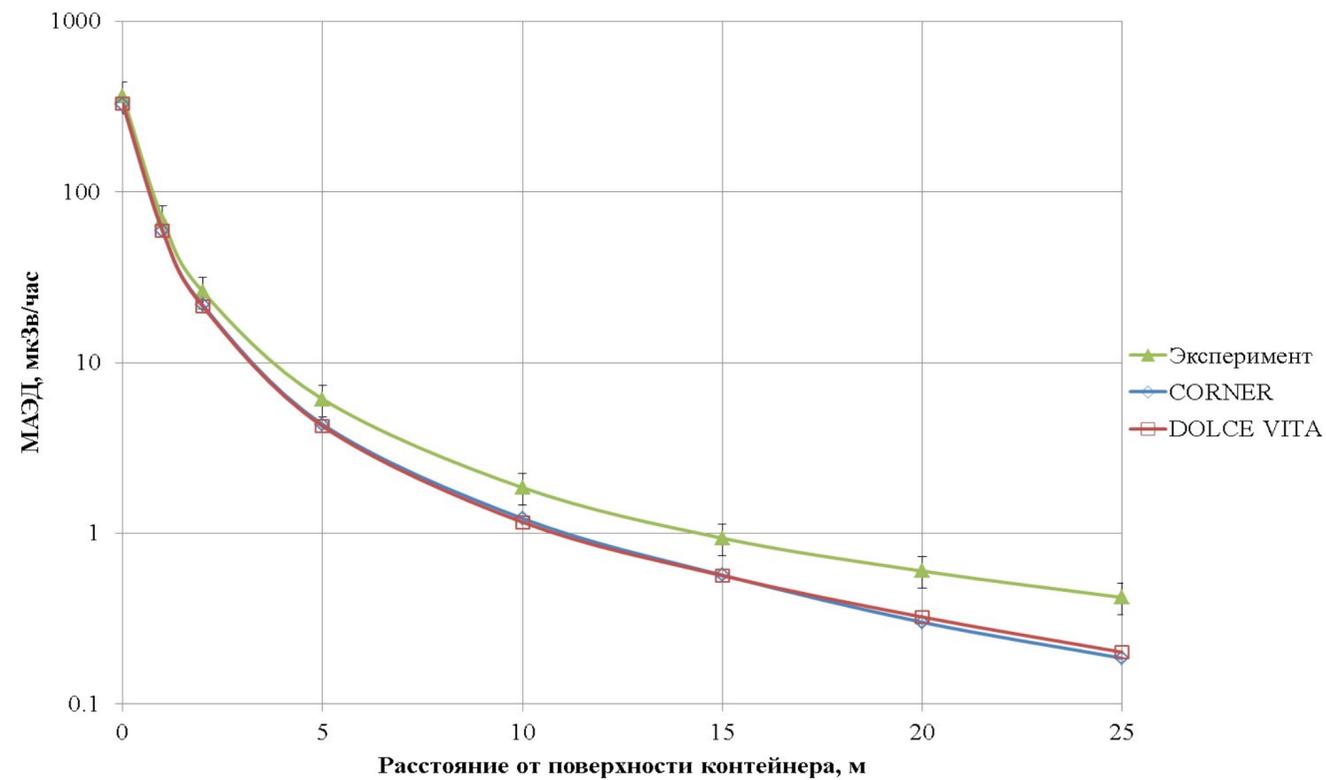


МАЭД от нейтронного излучения

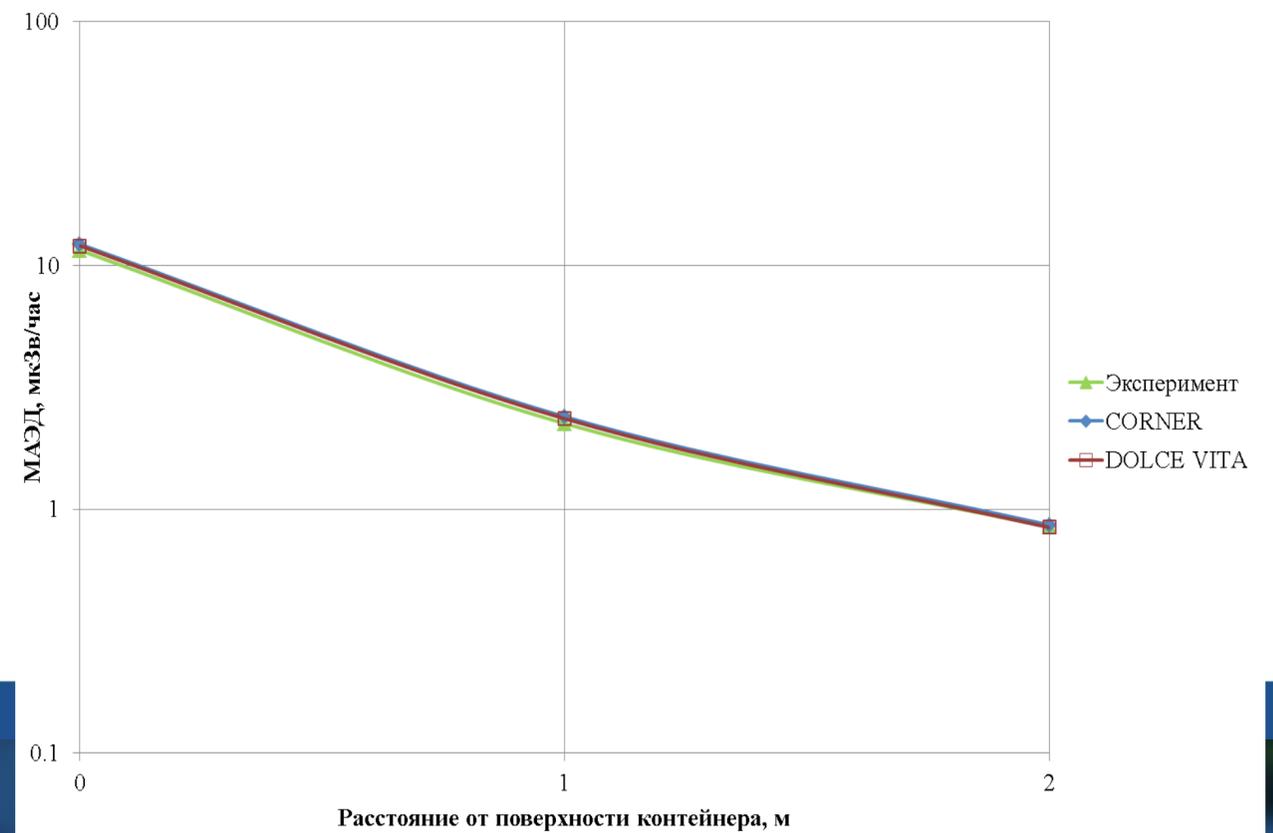
# Ключевые результаты валидации (3)



Сравнение экспериментальных и расчетных значений МАЭД на удалении от точки поверхности КТ-340 с максимальным уровнем мощности дозы, ЭТВС-12



МАЭД от гамма излучения

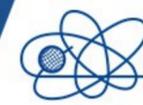


МАЭД от нейтронного излучения



# Краткая информация о прохождении аттестации в ФБУ «НТЦ ЯРБ»





ИБРАЭ

# Планы дальнейшего развития



ИБРАЭ

# Расширение и совершенствование возможностей кода



- Расширение и совершенствование расчетных возможностей кода
  - Необходимо продолжать разрабатывать/внедрять гибридную методику расчета переноса частиц применительно к кодам MCU-FR и ODETTA
  - Необходимо продолжать разрабатывать/внедрять инструментарий для анализа чувствительности и оценки неопределенности от сечений взаимодействия и распадных констант, технологических параметров, применительно к связным расчетам
- Расширение функциональности средств пре- и постпроцессора
  - Расширение возможностей препроцессора кода COMPLEX в части проверки согласованности данных при связных расчетах
  - Дальнейшая разработка редактора 3D геометрии
- Расширение пула тестовых задач с их подробным описанием в инструкции пользователя
- Передача кода в профильные вузы и его внедрение в учебный процесс
- Передача кода в предприятия отрасли с авторским сопровождением

*Работа выполнена при финансовой поддержке Госкорпорации «Росатом» (в рамках Государственного контракта № Н.4о.241.19.21.1068 от 14.04.2021 г.)*



ИБРАЭ

Спасибо за внимание



ИБРАЭ