

# **Развитие ПО для прецизионных расчетов дозовых полей при планировании лечения онкологических больных лучевой терапией**

**Докладчик : Сергей Иванович Самарин.**

**Авторы: С.И. Самарин <sup>1)</sup>, В.О. Карпунин <sup>2)</sup>, В. И. Костюченко <sup>2)</sup> , А.С. Углов <sup>1)</sup>.**

**1) Российский Федеральный Ядерный Центр им. Академика Е.И. Забабахина ВНИИТФ, Снежинск, Россия.**

**2) ФГБУ ГНЦ РФ Институт Теоретической и Экспериментальной Физики, Москва, Россия.**

# Структура сообщения

- История вопроса
  - Мотивация создания новой программы
  - Отличительные особенности (сравнение с другими кодами)
  - Практическая ценность программы
  - Итоги верификации
- Направление развития программы
  - Требования к новому ПО
  - Предлагаемая программная реализация
  - Текущее состояние

# История

В мире создаются новые специализированные клиники, имеющие всю необходимую медицинскую инфраструктуру (центр ионной терапии в Хайделберге, Германия; Центры Протонной Терапии - в Хьюстоне, Бостоне, Блумингтоне, США; Чибе, Япония и др.).

Практически каждый центр оснащен программным инструментарием для планирования лечения пациентов, в том числе и программами для расчета дозовых полей при планировании лечения. Подобные программы направлены на решение задач оптимизации, поэтому в них используется ряд упрощений, не позволяющих в полной мере описывать процесс переноса частиц, не учитывается ряд физических процессов.

# Мотивация создания новой программы

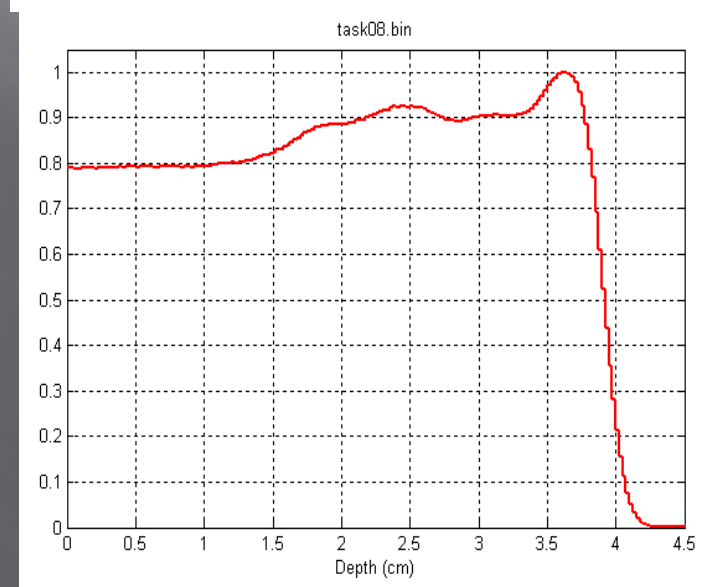
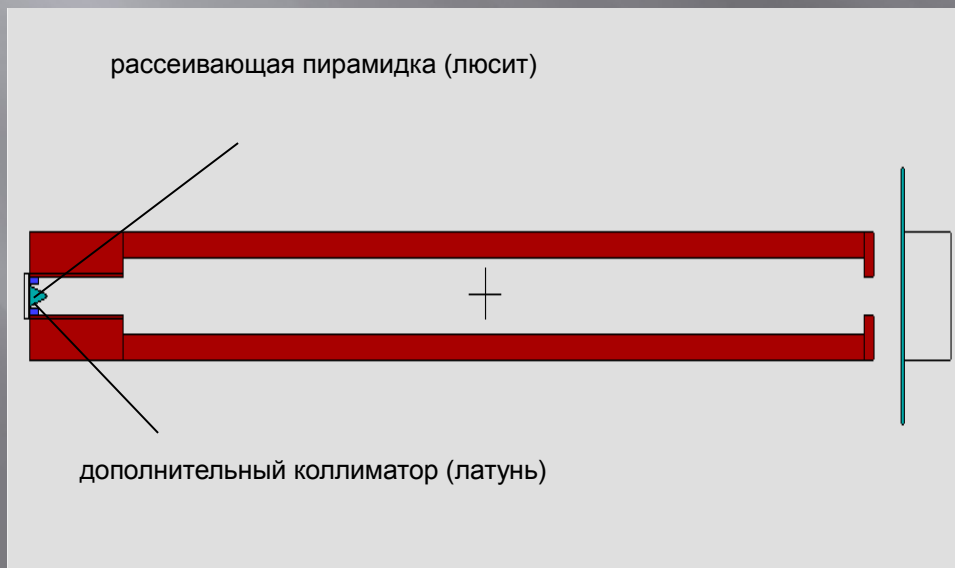
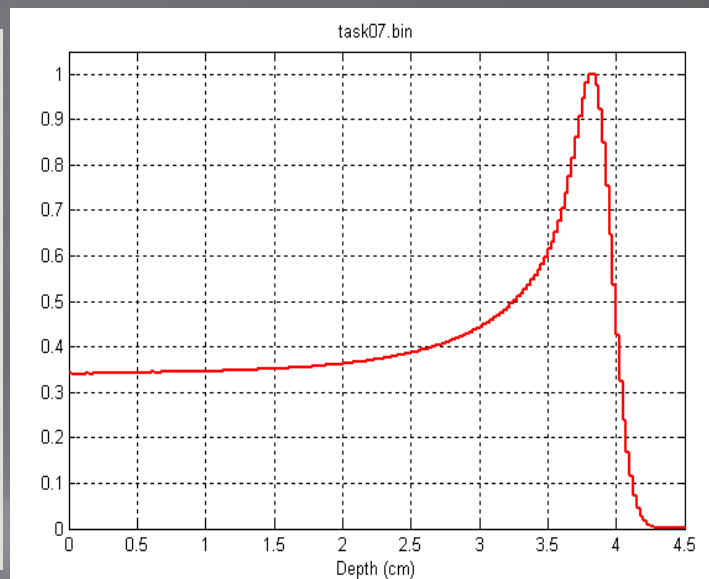
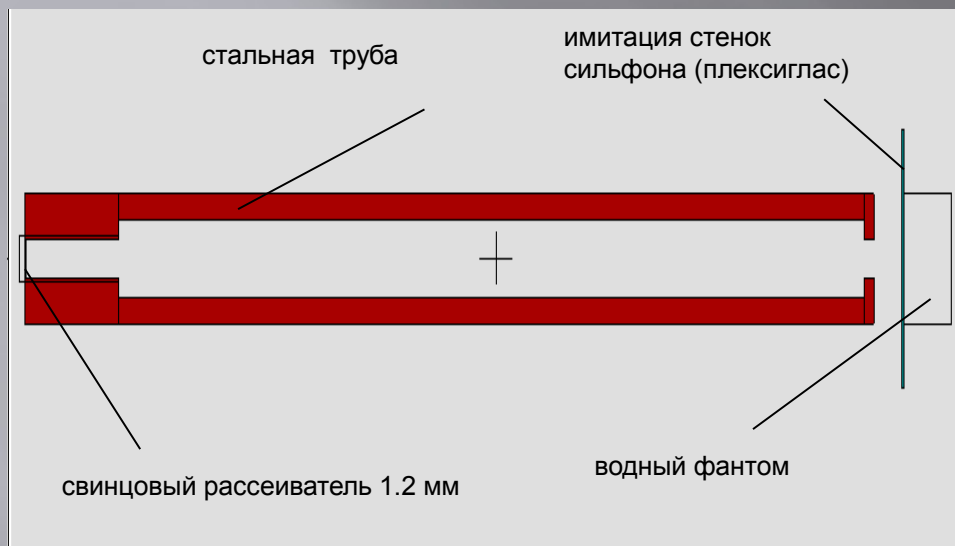
При проведении прецизионных расчетов зачастую используются программы, которые не являются специализированными для решения медицинских задач. Для этого используются программные комплексы, созданные для расчетов задач, характерных для физики высоких энергий: GEANT, FLUKA, MCNPX.

В рамках проекта МНТЦ №3563 (2008-2011гг) в РФЯЦ-ВНИИТФ был создан специализированный программный комплекс IThMC (расчет дозовых полей от протонов в фантоме с подробным пространственным разрешением методом Монте-Карло) для ЦПТ ИТЭФ. Комплекс позволяет моделировать траектории протонов, как в комбинаторной, так и в воксельной геометрии.

# Практическая ценность программы

- ▣ Оптимизация системы вывода пучка
- ▣ Подбор систем формирования пучка: рассеиватели, замедлители, коллиматоры и др.
- ▣ Прецизионные расчеты распределения доз в области интереса пациента
- ▣ Моделирование показаний систем мониторинга пучка
- ▣ Оценка выхода «паразитного» излучения, прежде всего нейтронов, образующихся в яд. р. (актуально для детских процедурных). *Требуется.*

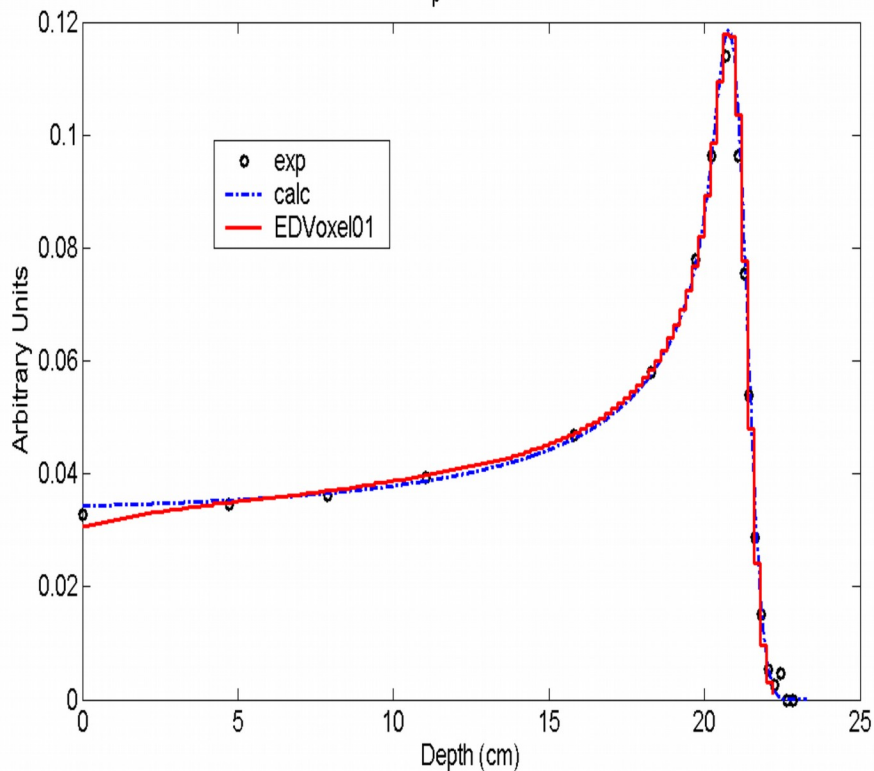
# Практическая ценность программы



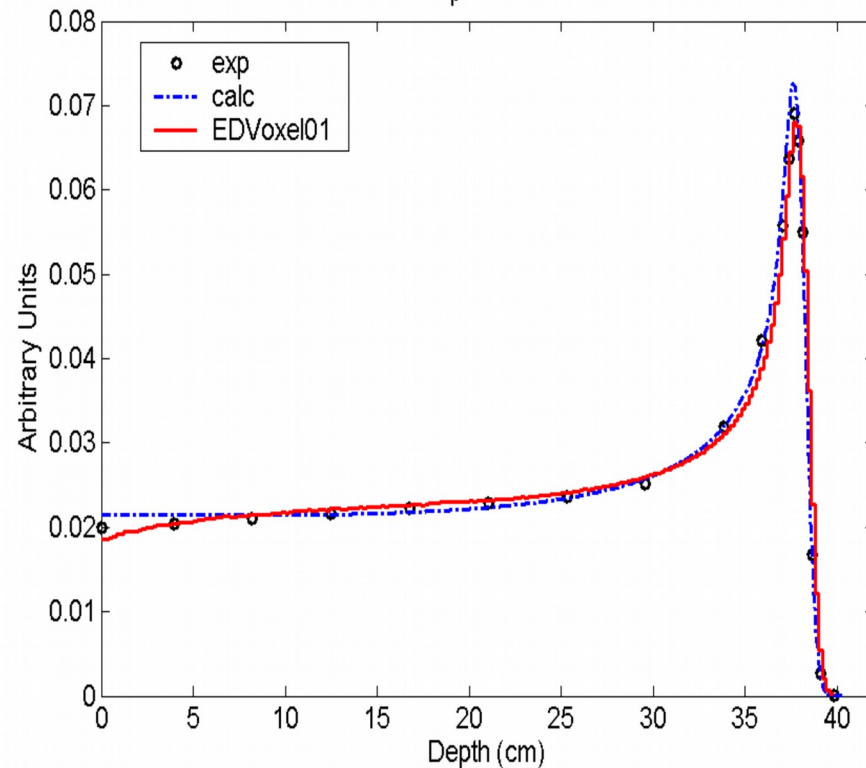
# Итоги верификации

Традиционно, программы для протонной терапии тестируются, прежде всего, на способность описывать экспериментальные кривые Брейта

Disk Source  $E_p = 177 \text{ MeV}$ ,  $\sigma = 1.5 \text{ MeV}$



Disk Source  $E_p = 250 \text{ MeV}$ ,  $\sigma = 1 \text{ MeV}$



## Итоги верификации

### ▪ **Рассеяние**

Использовались «домашние» (ИТЭФ) измерения пространственного распределения пучка протонов, прошедших через тонкий слой рассеивающего материала. Различия составили для воды до 10%, для оргстекла до 2%.

### ▪ **Ядерное взаимодействие**

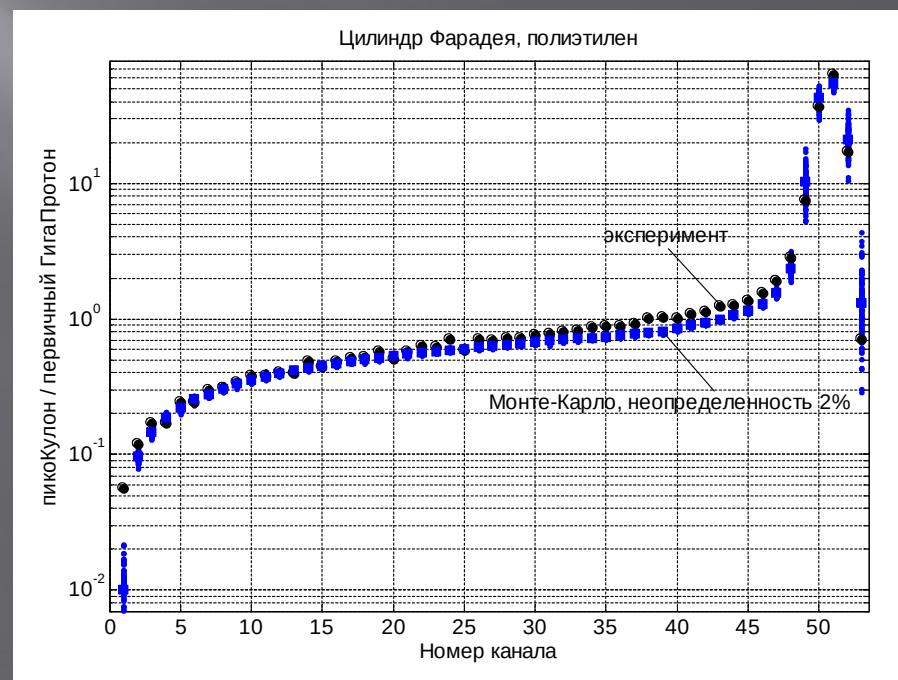
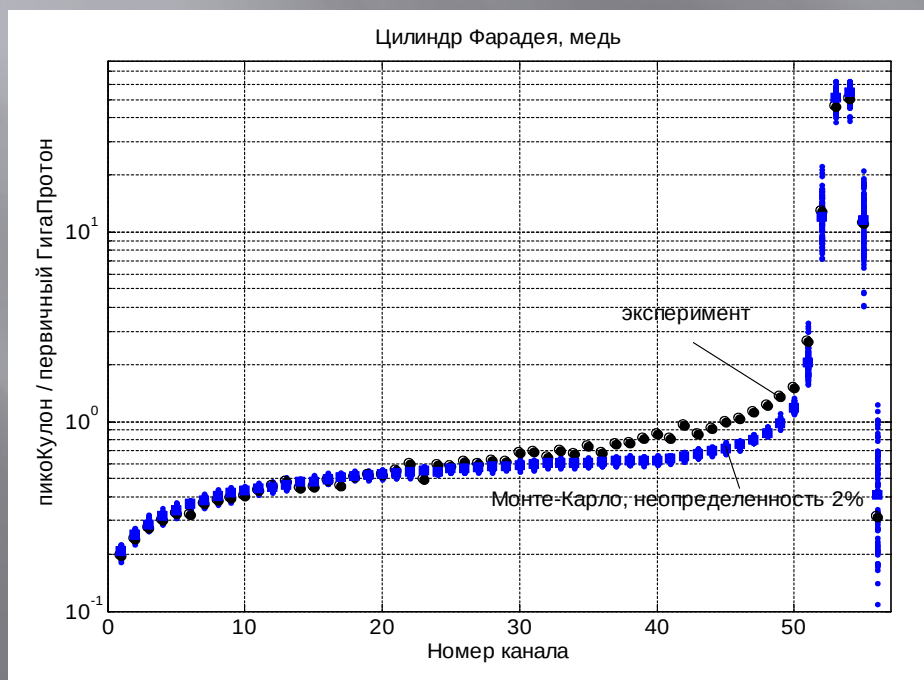
За основу тестирования описания ядерного взаимодействия взяты два эксперимента Готчелка и др., которые были проведены в 1999 и 2003 годах на Гарвардском циклотроне. Были оценены различия в дозах, получаемых в эксперименте и расчетных. Различия этих величин составили не более 1% для программы IThMC, и не более 1.7% для программы GEANT4 (на пике Брегга).



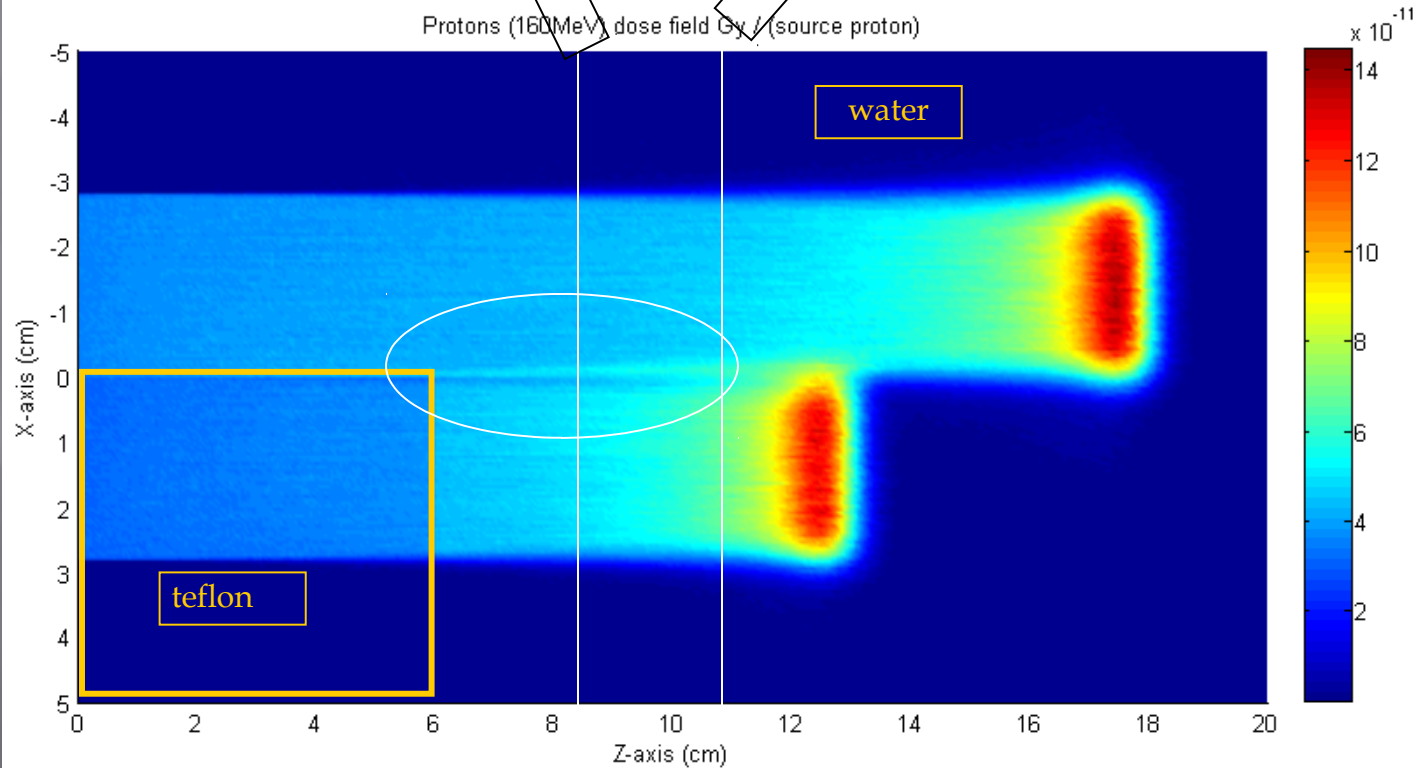
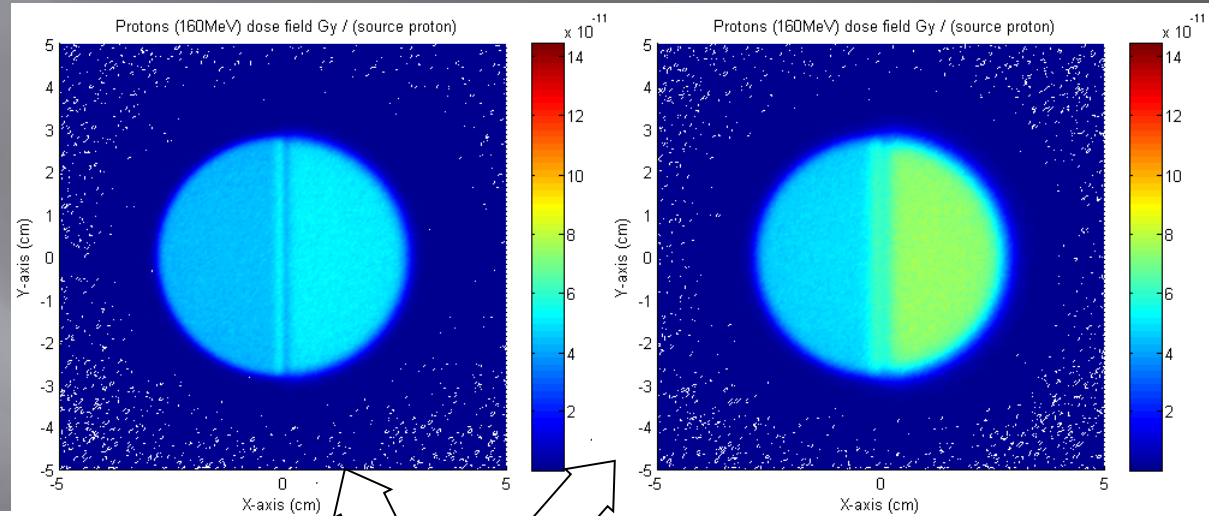
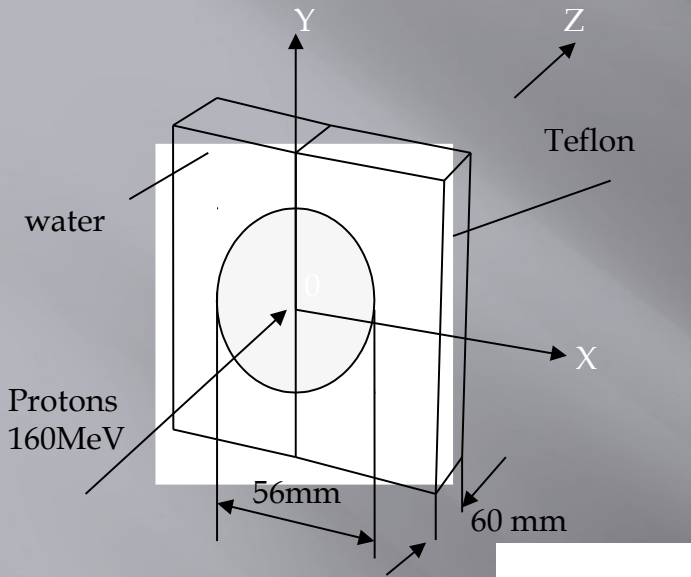
# Итоги верификации

По результатам работ выпущена статья в журнале «Медицинская физика»(№2(62), июнь 2014).

Ниже на рисунках приведены результаты расчетов и измерения.



# The sliding beam test



# Направление развития программы

Специализированная программа IThMC обладает некоторыми преимуществами по сравнению с такими программами как GEANT4 при расчете специфических задач протонной терапии, прежде всего в плане быстродействия.

Однако требования к использованию в задачах планирования (несколько минут) диктуют необходимость дальнейшего развития методики. Прежде всего, в плане введения в программу возможности проведения расчетов с помощью методов Макро-Монте-Карло (ММК). В последнее время все больше работ посвященных разработке этих методов появляются в прессе.

Другой возможностью ускорения расчета является использование новых вычислительных возможностей: Xenon Phi, GPU, FPGA. Для их эффективного использования необходима специальная организация параллельного кода, следовательно, модернизация существующей версии

# Требования к новому ПО

- ▣ Сохранение текущих методических и функциональных возможностей программ комплекса и развитие новых.
- ▣ Обеспечение более легкой модифицируемости программ для расширения методических и функциональных возможностей.
- ▣ Обеспечение удобных возможностей включения существующих программ в более крупные комплексы.
- ▣ Организация нескольких схем и алгоритмов счетной части программ для сокращения временных затрат с возможностью выбора для расчета любой из них.
- ▣ Использование эффективных способов распараллеливания с использованием возможностей GPU и сопроцессоров Xenon Phi.
- ▣ Эффективное использование общепринятых стандартов, например XML, для хранения и задания входной информации (данные о веществе, данные о взаимодействии). Обеспечение удобной работы с данными ICRU.
- ▣ Удобный язык для задания входных данных (интерфейс).

# Предлагаемая программная реализация

Один из вариантов реализации кода возможен на базе подхода в виде «фреймворка». «Фреймворк» или каркас - это структурный программный комплекс, включающий в себя программное обеспечение, облегчающее разработку и объединение разных компонентов большого программного проекта. Когда любая конфигурация программы строится из двух частей: первая - постоянная часть - каркас, не меняющийся от конфигурации к конфигурации и несущий в себе гнезда, в которых размещается вторая - переменная часть - сменные модули (или точки расширения).

# Предлагаемая программная реализация

Язык C++ является наиболее удачным выбором, вследствие ряда причин:

- наиболее удобная поддержка объектно-ориентированного подхода при сохранении показателей производительности;
- возможность включения компонент, реализованных на C# (или Java) для удобства разработки интерфейсных и диалоговых частей кода;
- естественная поддержка фреймворк-архитектуры за счет механизмов наследования и перегрузки;

# Текущее состояние

В рамках предлагаемой программной реализации написаны и уже частично оттестированы модули, составляющие каркас комплекса.

- ▣ Разработан подход для задания данных на языке XML в частности для задания данных о составах (стандартные составы) и строении используемых веществ (данные о строении веществ, молекул, кристаллической структуре, потенциалы ионизации и др.), данные о взаимодействиях из ICRU. Использование языка XML позволяет иметь полные данные в библиотеке, но использовать только необходимые.
- ▣ Разработан входной язык для задания исходных данных.
- ▣ Разработан шаблон описания моделирующей части (tracker) в виде метода конечных автоматов, в котором моделирование траекторий представляется в виде дерева алгоритмов (actions) с одним входом (исполнение) и возможностью нескольких итогов (следующих заданий на исполнение). Это позволяет использовать стандартные алгоритмы (actions) в связке с новыми актуальными алгоритмами, что облегчает разработку новых моделирующих частей (tracker).

**Спасибо за внимание**