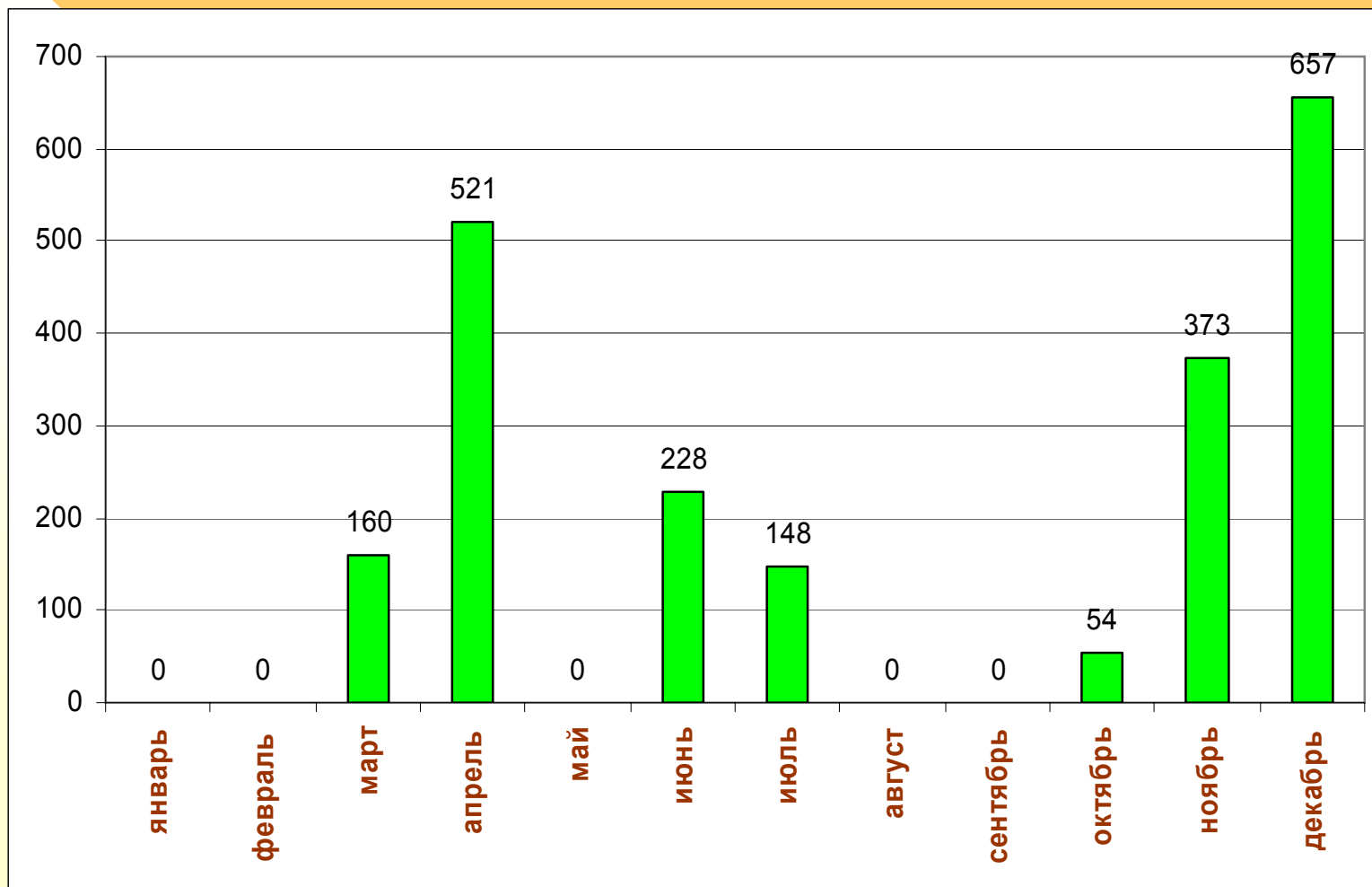


# Ускорительный отдел в 2007 году

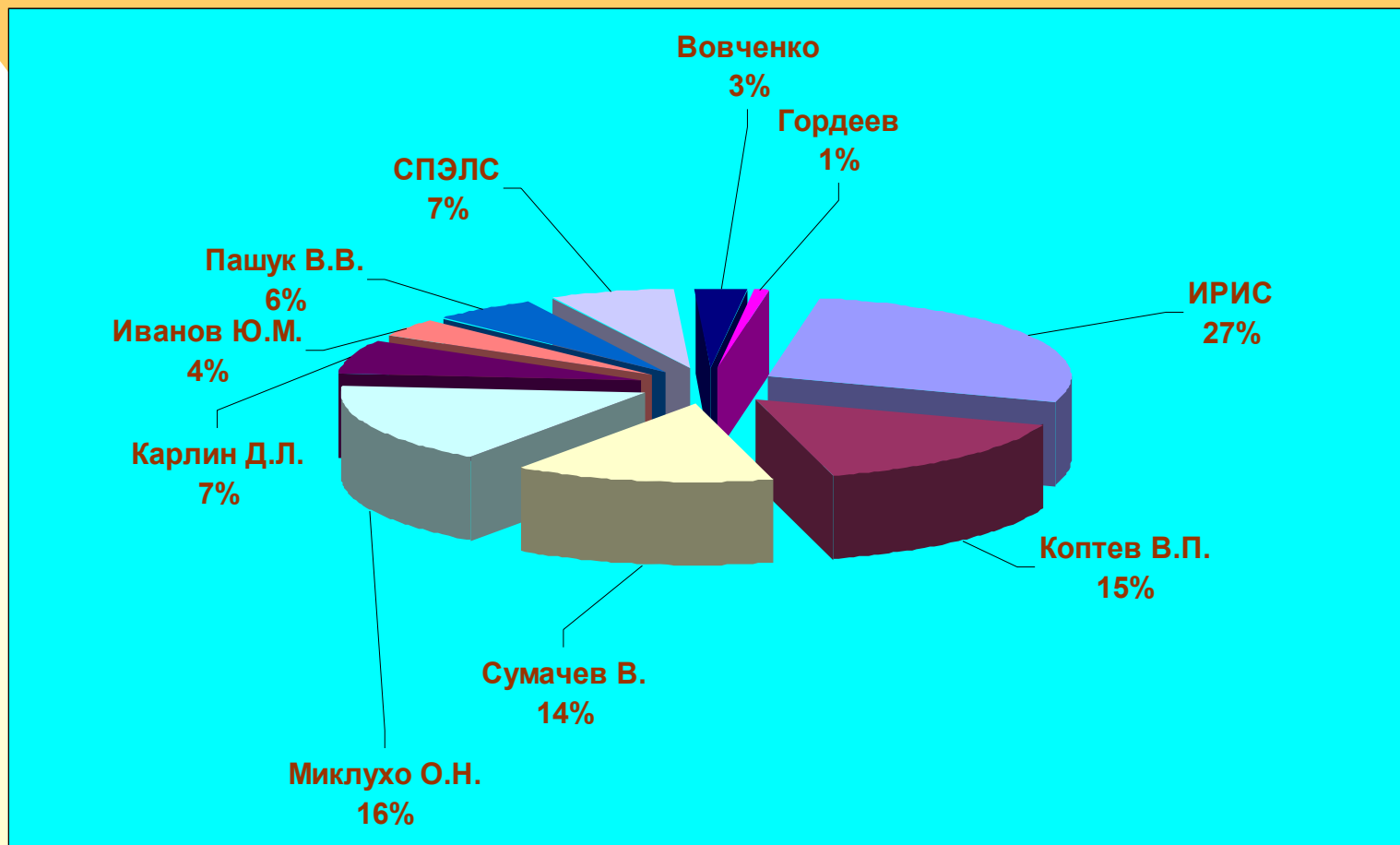
## План доклада

- 1 Синхроциклотрон
- 2 Протонная терапия
- 3 Изохронный циклотрон
  - 3.1 Договор с НИИЭФА
  - 3.2 Магнитная система
  - 3.3 Н-- источники
4. Радиационные испытания
5. Малые ускорители
6. Наши проблемы

# 1.1. Ускоритель отработал в 2007 году: всего 3600 часов; на эксперимент 2141 часа.



# 1.2. Распределение времени по отдельным потребителям



# 1.3. Дозиметрия и рад. безопасность

- На дозиметрическом контроле 302 чел. ОФВЭ (235 ч.) + УО (67 ч.)  
Средние дозы:  
0.020 бэр – ОФВЭ  
0.21 бэр – УО
- Гос. проверка приборов инд. доз. контроля
- Оформление сан.-эпид. паспорта кор. 2 на 3 года
- Подготовка док. для лицензии Ростехнадзора для работы с радиацией



# 1.4. Синхроциклотрон

## *Проблемы эксплуатации в 2007 г.*

**В 2007 г. СЦ отработал на пучок 2100 ч. – меньше обычного и был отменен один сеанс облучения больных из-за нестабильной работы ускорителя.**

**Нестабильность была связана с пробоями ВЧ системы. После долгих поисков причин было установлено, что проблема связана с локальным ухудшением вакуума. После ревизии насоса на 40 тыс. л/с (устранение микроводяной течи, замена резины, замена вакуумного масла, произведенного в России, на масло, произведенное в СССР) восстановлена нормальная работа СЦ.**

**Планы на 2008 г. – модернизация системы измерения вакуума (стоимость ~ 250 тыс. руб.)**

# 1.5. Ремонт трансформаторов



**Масло до ревизии**

28.12.2007



**Масло после ревизии**

Рябов Г.А.



# 1.6. Усовершенствование инфраструктуры

## 1. Ремонт крыши:

- Маш. зал - 1425 м<sup>2</sup>
- Левый Э.З.- 450 м<sup>2</sup>
- Примыкание вент. центра к Г.З.

## 2. Кап. ремонт душевой на кор. 2.

## 3. Косметический ремонт помещений



## 2.1. Протонная терапия в 2007 г

- **Облучено больных за год – 10**
  - 1 – артериовенозные мальформации головного мозга;*
  - 2 – рак молочной железы;*
  - 3 – рак предстательной железы;*
  - 2 – аденомы гипофиза.*
  - 2- болезнь Иценко-Кушинга*
- **Модернизация и автоматизация комплекса ПЛТ (проект совместно с ОНИ)**

Ведутся работы по автоматическому управлению магнитными элементами: разработано ТЗ, схема управления, разрабатывается ПО, закуплены комплектующие.
- **Расчет и оптимизация параметров пучка протонов на энергию 200 МэВ для лучевой терапии.**



# 2.2. Протонная терапия

## 200 МэВ пучок для медицины

Г.А.Рябов, М.Г.Тверской

Цель: расширение спектра болезней, которые лечат с помощью протонной терапии

Требования к пучку:

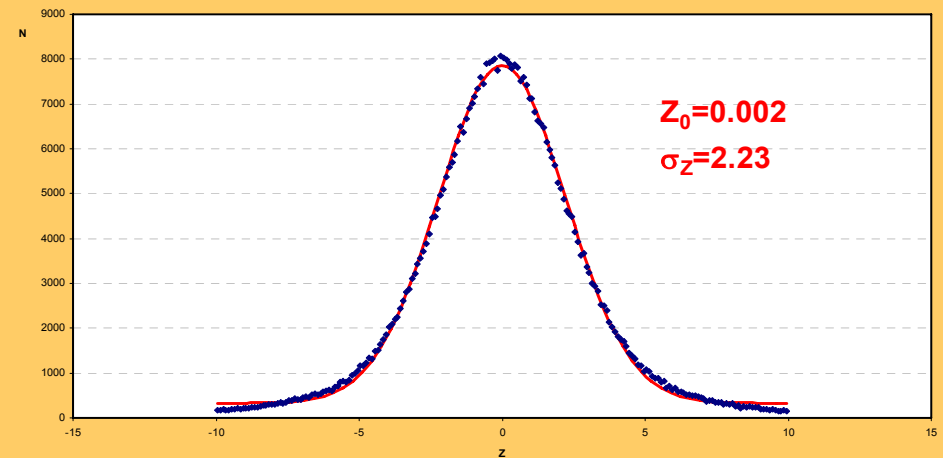
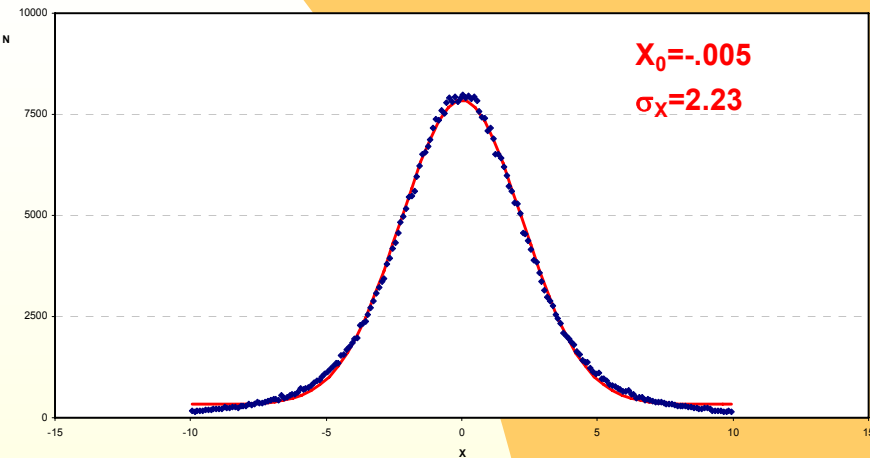
- Энергия  $E=200$  МэВ,  $I= 10^8 -10^9 \text{ s}^{-1}$ ,  
 $D > 1$  Гр / мин
- Транспортировка пучка в зал облучения



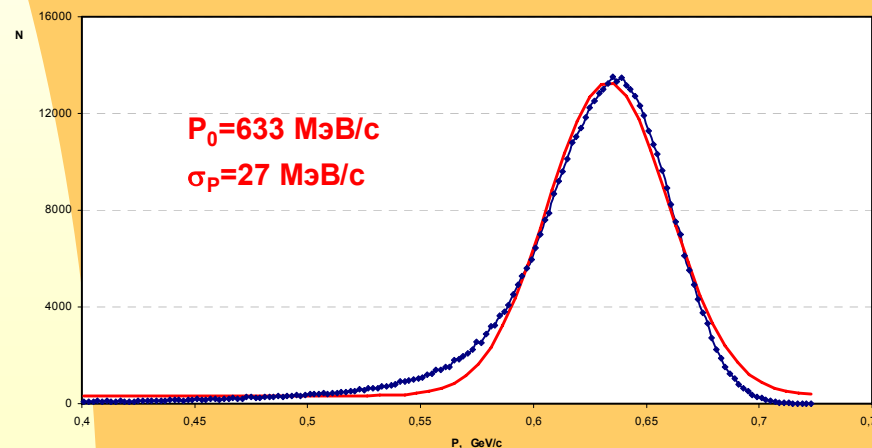
# 2.3. Параметры пучка 200 МэВ в зале облучения после дублета (2006 г)

X-распределение

Z – распределение



P- распределение



$I = 10^9 \text{ p/сек}$   
 $p_0 = 633 \text{ Mev/c}$   
 $\sigma/p_0 = 4.2 \%$   
Поглощенная доза  
 $D = 12.3 \text{ Гр/мин}$

# 2.4. 200 МэВ медицинский пучок

## Этап 2007- Разработка М-К метода расчета распределения поглощенной дозы в водяном поглотителе

Этапы расчета:

- Прослеживается траектория прохождения протонов вдоль поглотителя с помощью кода GEANT
- Разделение пробега на 25 отдельных участков объемом

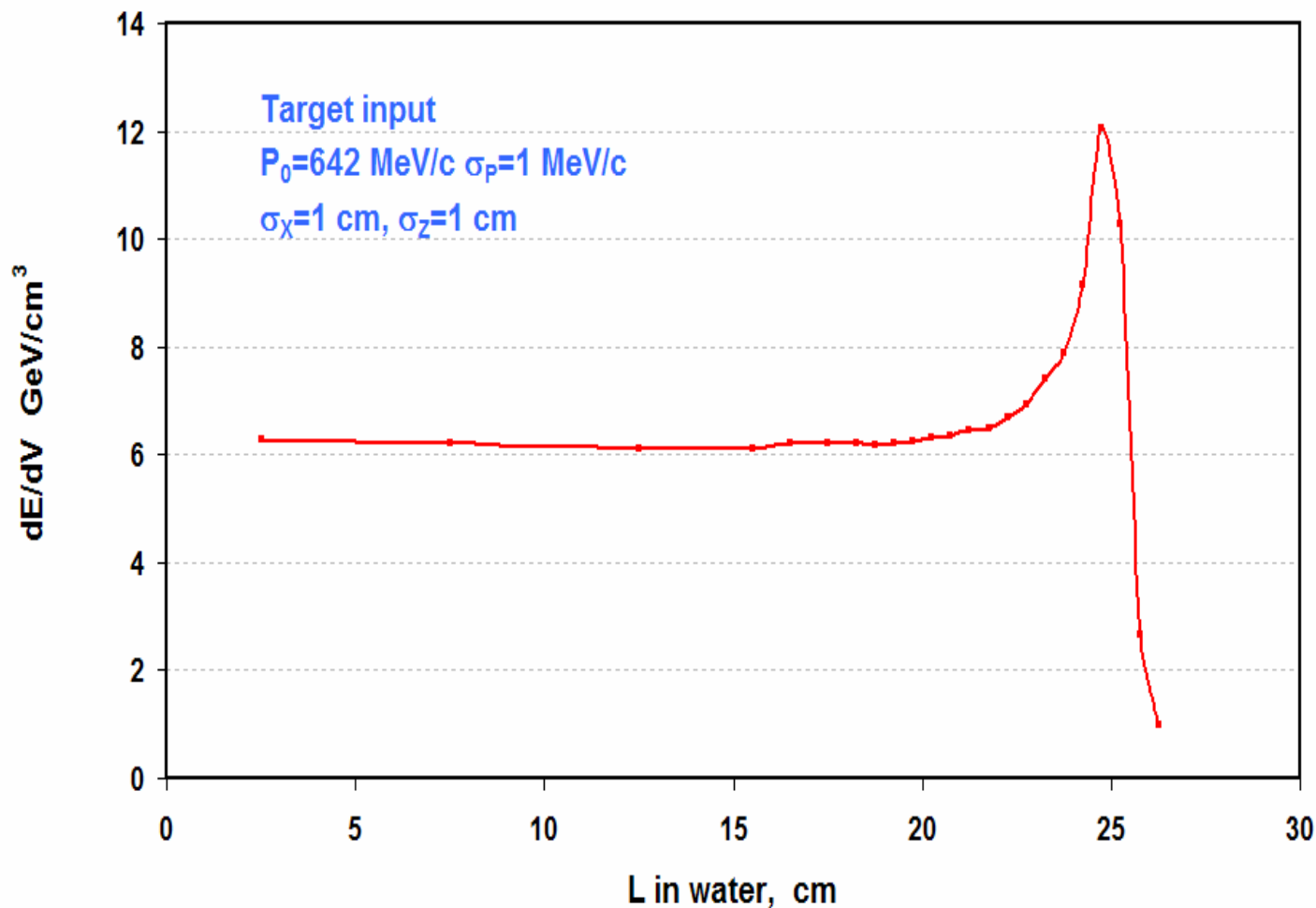
$$\Delta V_i = \Delta l_i \cdot S_i,$$

где  $\Delta l_i$  – задана, а площадь  $S_i$  – определяется по среднеквадратичному отклонению  $\sigma$

для 86% пучка  $S_i = 4\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{(1-\rho^2)}$

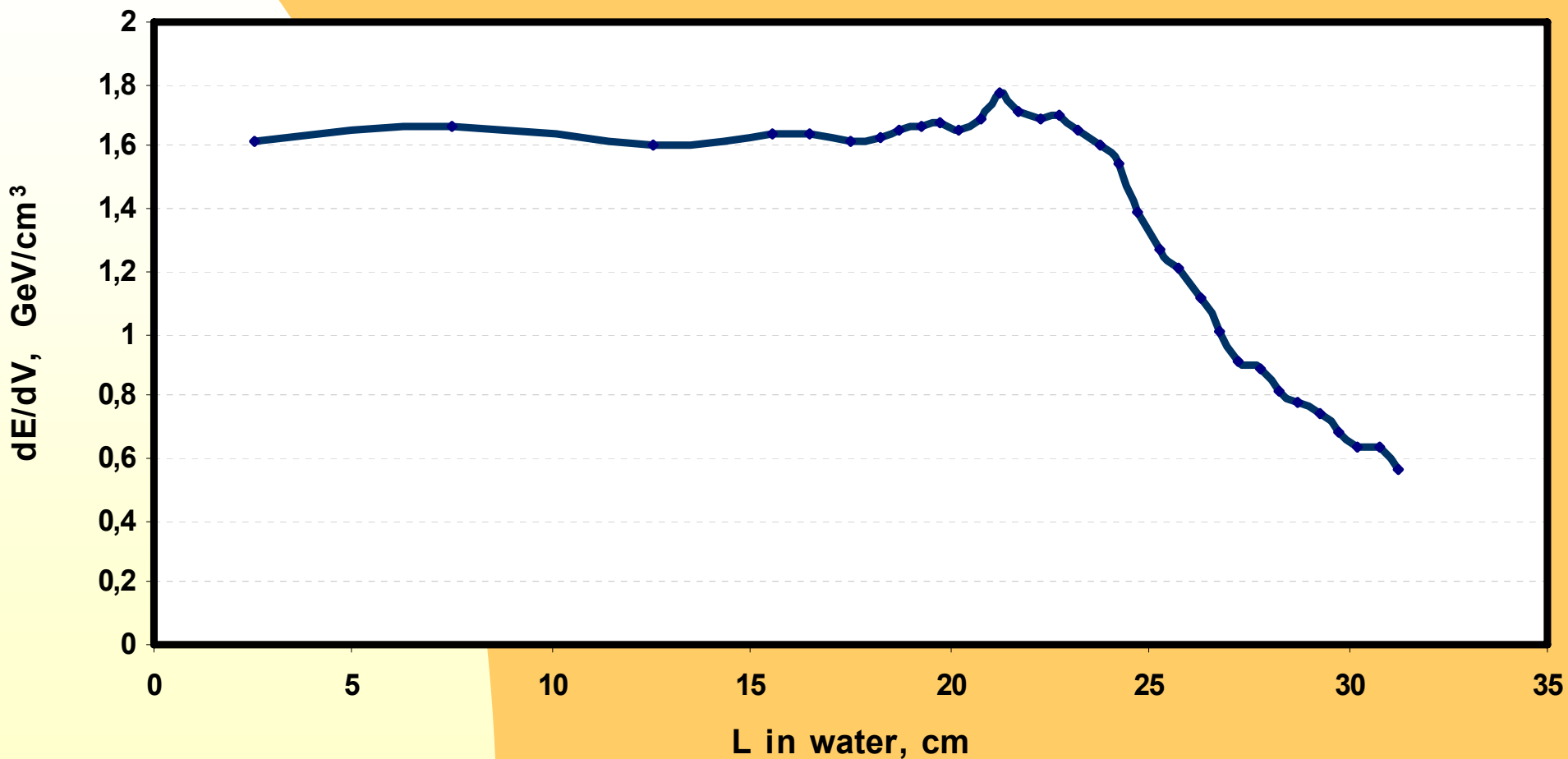
- По GEANTу определяют энергию  $\Delta E_i$ , выделяемую в объеме  $\Delta V_i$
- Доза равна  $D_i = \Delta E_i / \Delta V_i$

# 2.5. Тестовый расчет дозного распределения



# 2.6. Дозное распределение для пучка 200МэВ, полученного в 2006 г

Распределение поглощенной дозы по длине водяного поглотителя

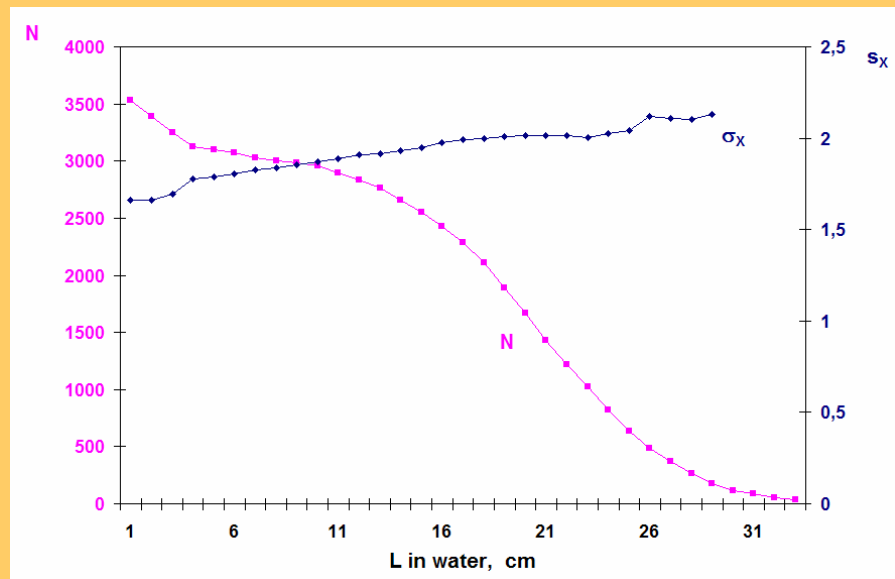
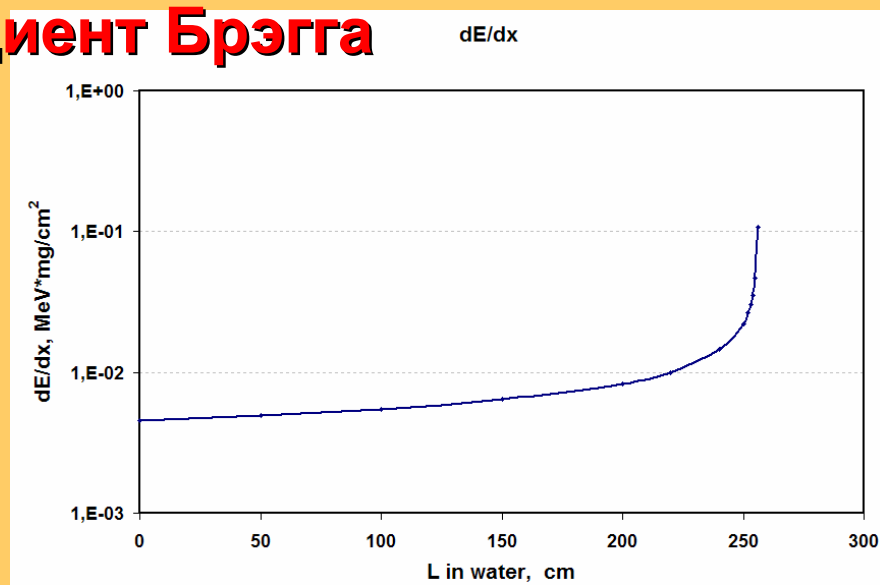




## 2.7. Факторы, определяющие дозу и коэффициент Брэга

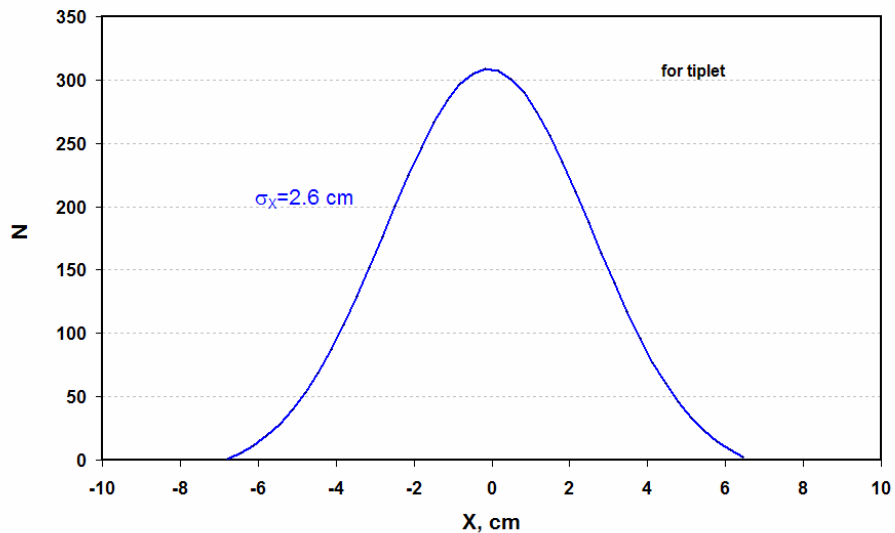
$$\text{Доза} \sim \frac{\frac{dE}{dx} \cdot N}{S}$$

$$K_{\text{брэга}} \sim \frac{\frac{dE}{dx} \cdot N}{\frac{\Delta S}{S} \cdot \left(\frac{\Delta P}{P}\right)}$$

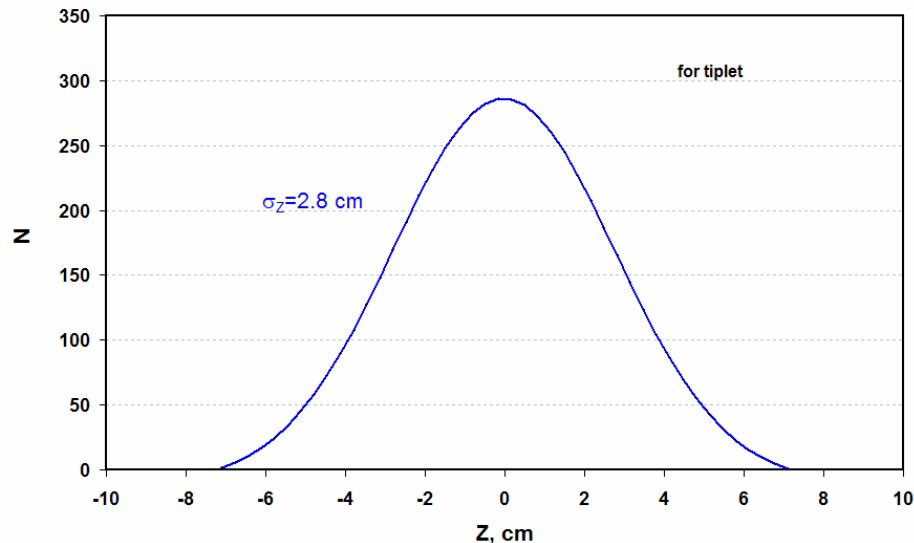


# 2.8. Параметры пучка 200 МэВ с триплетом в зале облучения

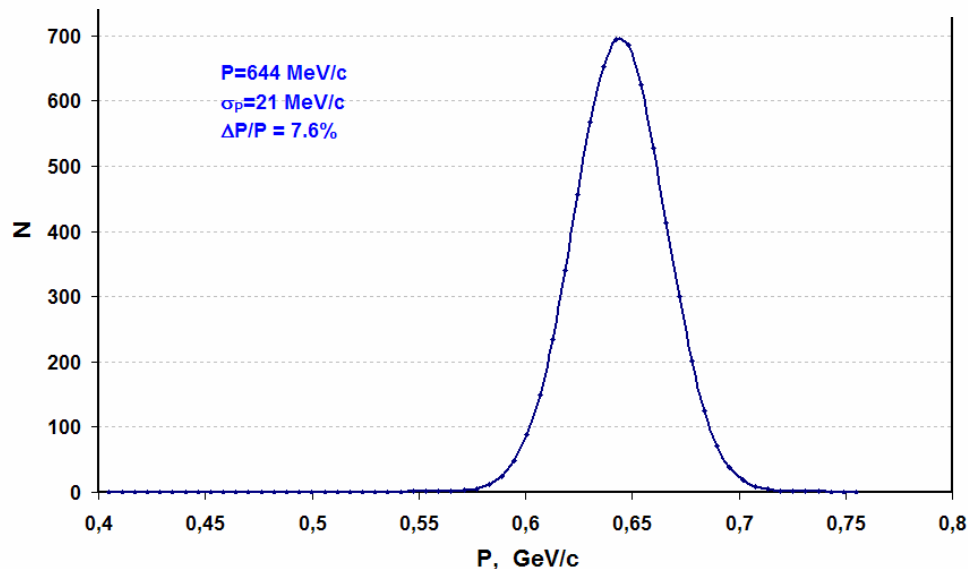
X-распределение



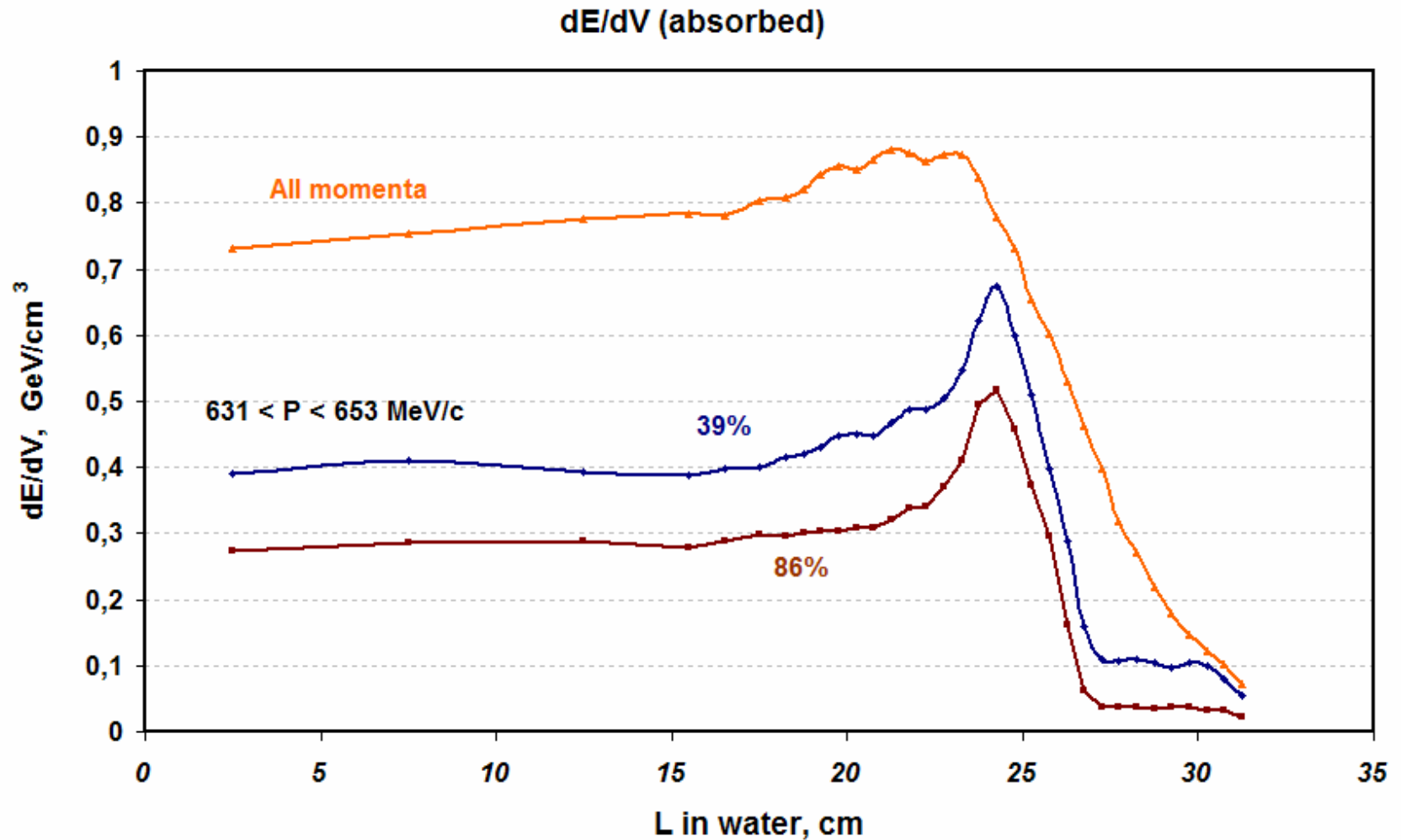
Z – распределение



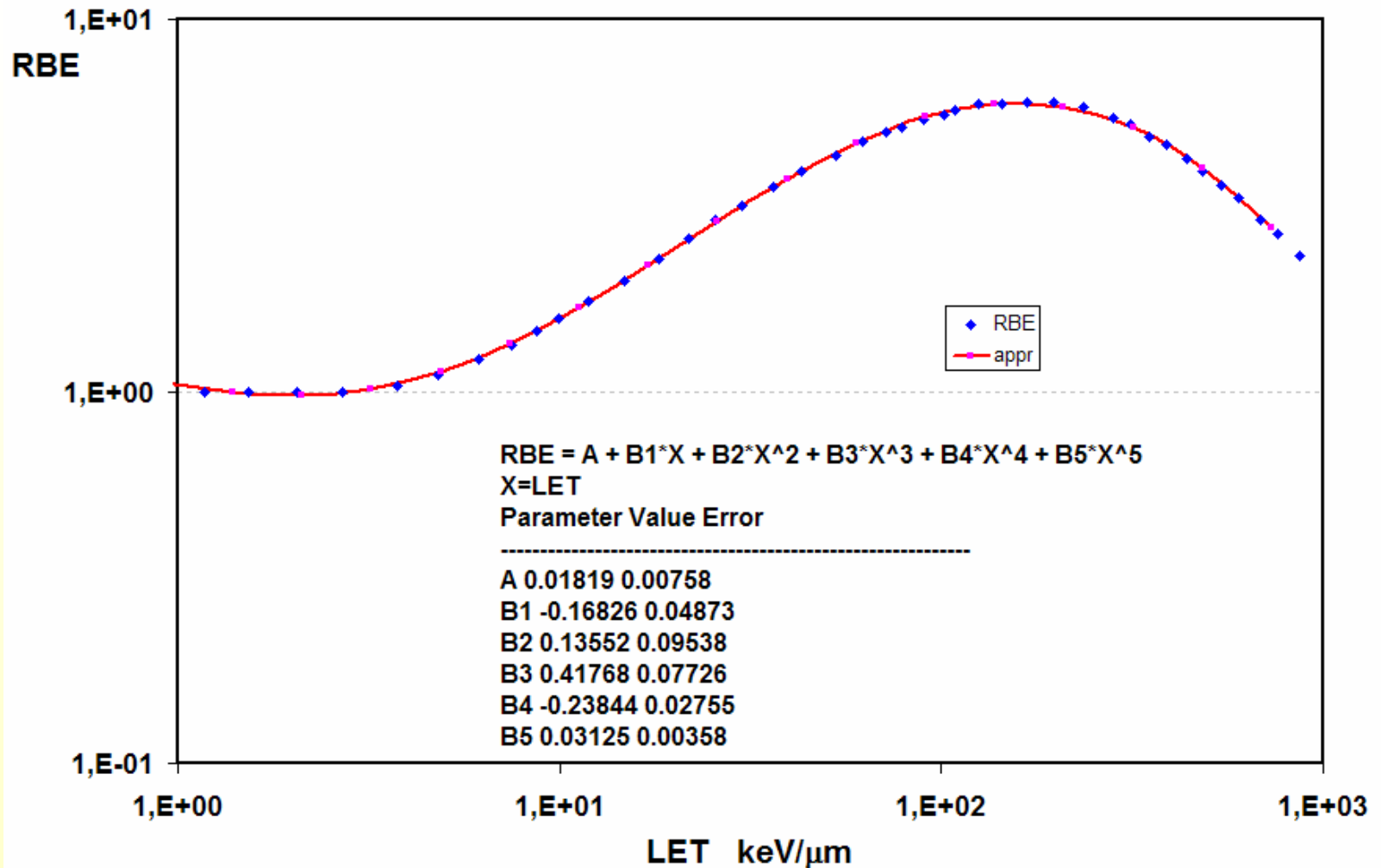
P- распределение



# 2.9. Поглощенная доза вдоль водяного поглотителя

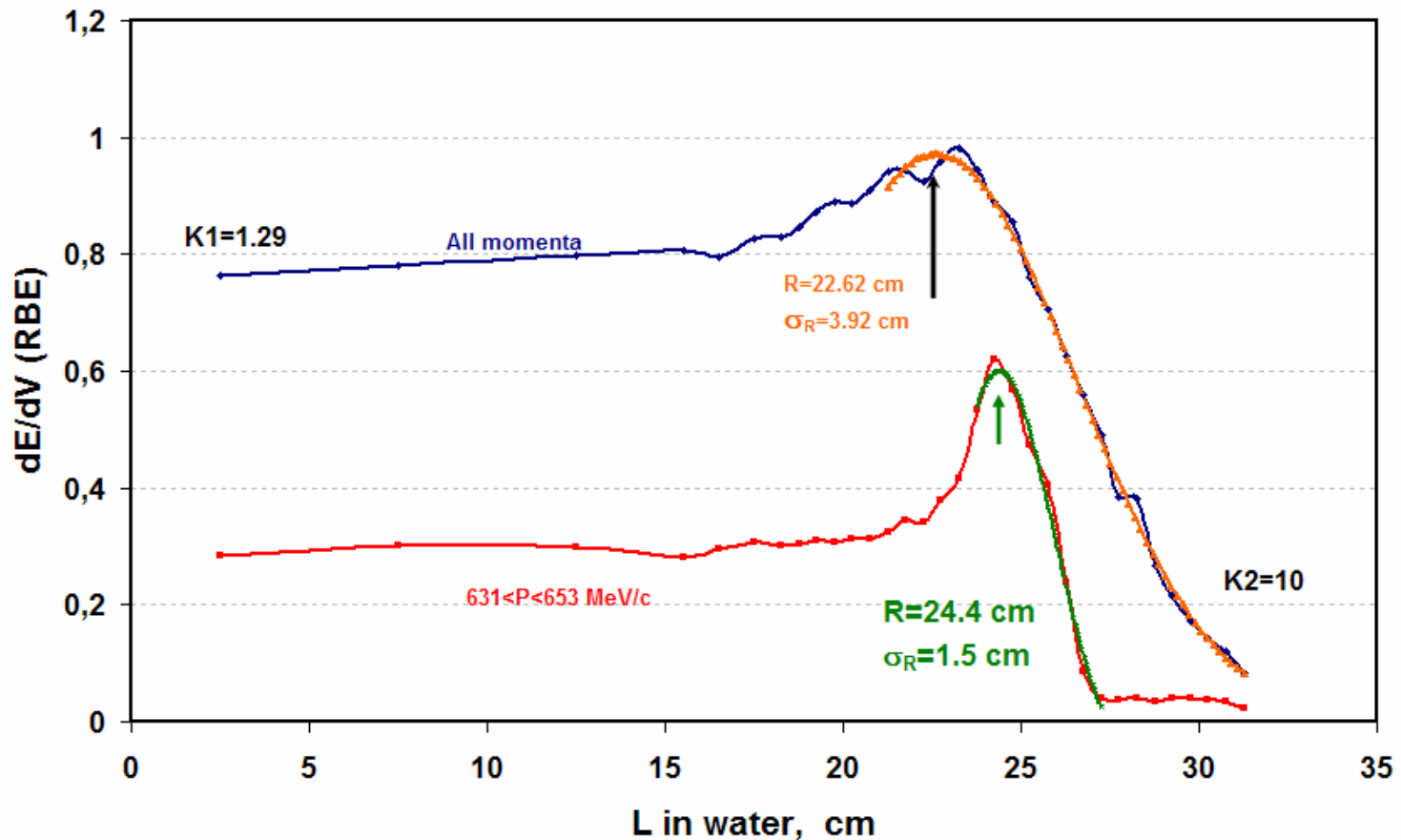


# 2.10. Коэффициент относительной биологической эффективности (ОБЭ)



# 2.11. Биологически-эффективная доза

Распределение биологической дозы по длине поглотителя





## 2.12.Резюме

- **Необходимо закончить расчетную работу и довести ее до формулировки предложения.**
- **Уточнить технические условия с медиками.**
- **В случае успеха создание такого пучка позволило бы без значительных затрат и без капитального строительства через 2-3 года начать лечение онкологических заболеваний в Гатчине до создания специализированного ускорителя через 5-7 лет.**

# 3. Изохронный циклотрон

## 3.1. Договор с НИИЭФА

- **Создание рабочих чертежей системы аксиальной инжекции и оценка стоимости изготовления.**
- **Модернизация и настройка на стенде НИИЭФА мультипольного источника H-ионов и создание системы диагностики**
- **Изготовление на ЧПУ инфлектора для аксиальной инжекции циклотрона ГИЦ**

# 3.2. Магнитная система - 2007

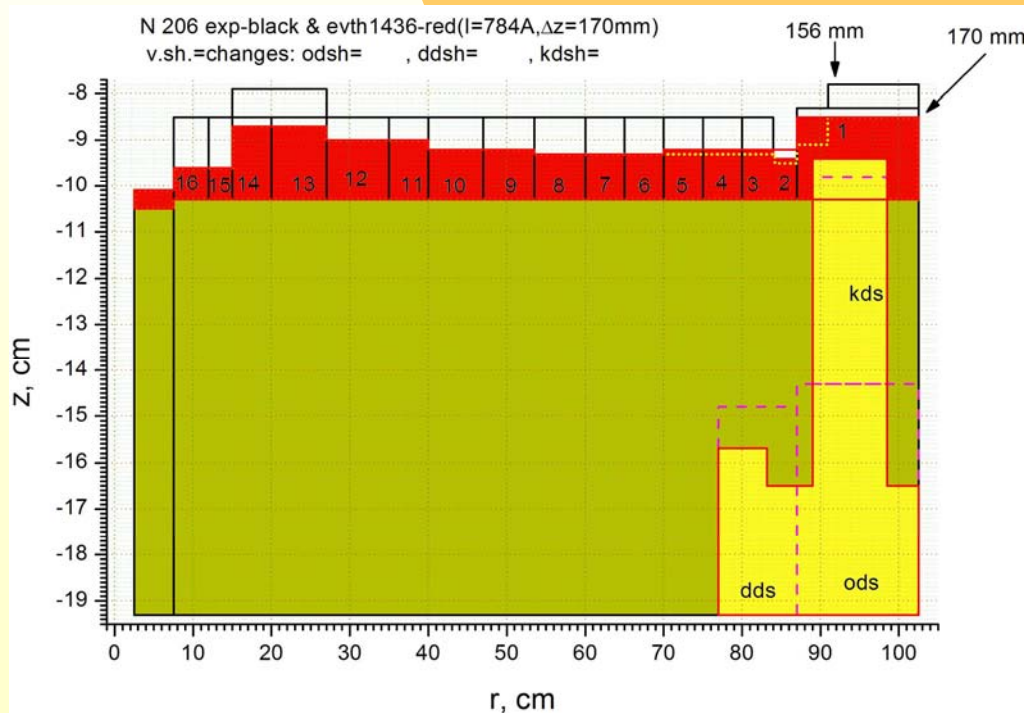
Елисеев В.А., Артамонов С.А., Гресь В.П.

## Этап 2007

- Разработка проекта и изготовление набора тонких шимм, позволяющего осуществить прецизионное финальное шиммирование с точностью нескольких Гаусс:

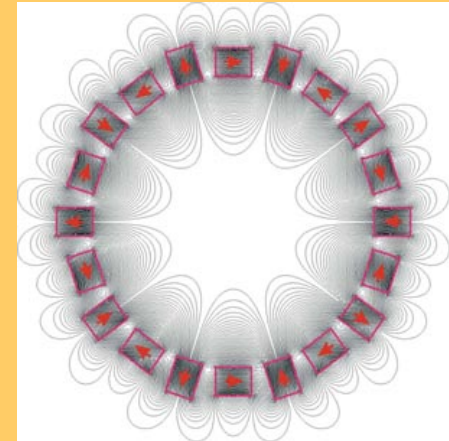
проточка в ЦЭО заводских шимм

изготовление набора тонких шимм



# 3.3. Источник H- ионов

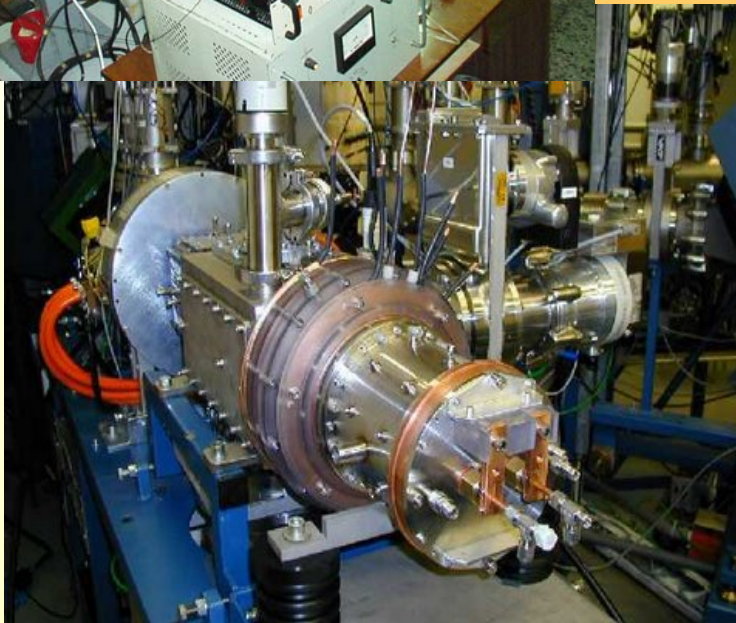
Петров И.А. и др.



**Мультипольный источник:**

**Этап 2007:**

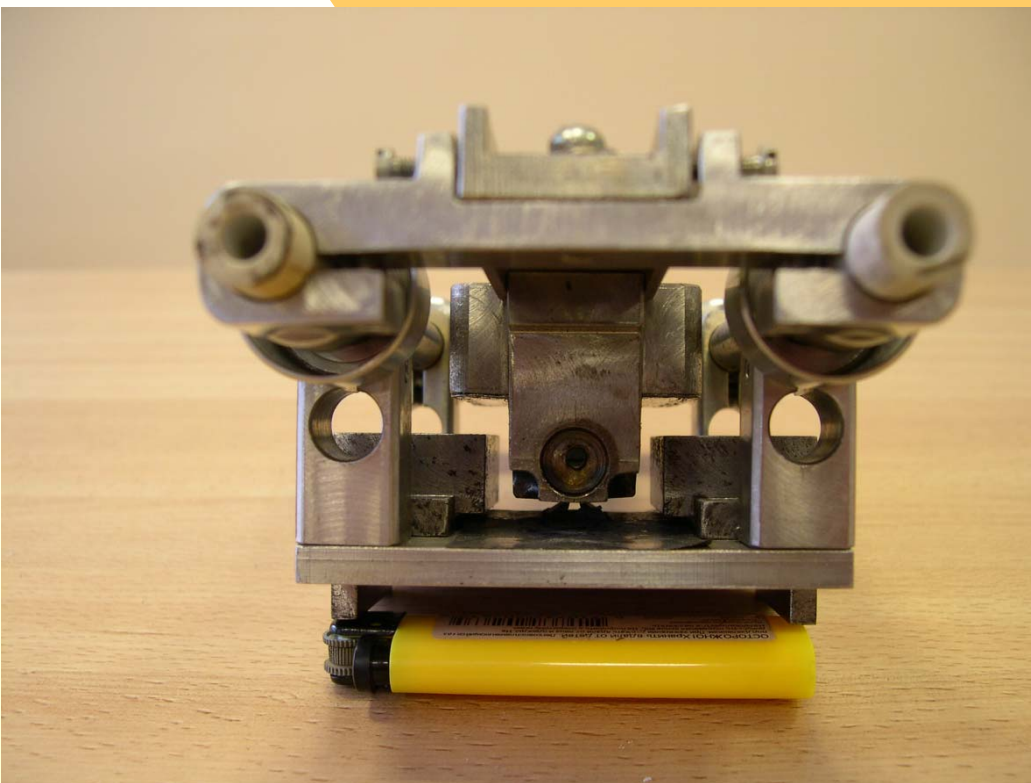
- В НИИЭФА разработана новая форма плазменного электрода
- На стенде НИИЭФА проведена оптимизация режимов с новым электродом
- Получен ток  $I = 3-4$  мА





# 3.4. Изохронный циклотрон ГИЦ Поверхностно-плазм. Н- источник.

Смолин В.А., Токарев Б.Б.



- За счет введения водяного охлаждения катода увеличен ток ионов
- $I_H = 1.5$  мА при  $E_H = 5$  кэВ
- $I_p = 3.5$  А
- $U_p = 70-150$  В с Cs  
Время жизни катода ~ 5 часов



# 4.1 Радиационные испытания на СЦ ПИЯФ в 2007

Иванов Е.М. и Цех облс. ускорителя

2007 г.

**Договор на облучение с компанией СПЭЛС**

200.6 тыс. руб.-

242.0 тыс. руб.

**Институт телевидения (совместно с Л РФ)**

150.0 тыс. руб.

**Планы на 2008 г:**

**Договор с «Электронстандартом»**

3000.0 тыс. руб.

**Спец. договор совместно с Л РФ**

1500.0 тыс. руб.

# 5. Малые ускорители в 2007 г.

Смолин В.А., Токарев Б.Б., Лебедев В.М.

В группе малых ускорителей проводятся работы по разработке ППИ Н<sup>-</sup> ионов, представленные выше.

Кроме того на ЭСУ проведены исследования:

1. Продолжено исследование механизмов старения газо-разрядных детекторов ( А.Г. Крившич) - 2 публикации;
2. Исследование обладающих люминесцентными свойствами халькогенидных стеклообразных полупроводников ( $As_2Se_3$ ), модифицированных редкоземельными. Применяются в фотонике и оптоэлектронике. Совместно с ФТИ - 3 публикации
3. Продолжение исследований МДП (металл-диэлектрик-полупроводник) – структур, содержащих оксиды редкоземельных элементов (с Самарским Государственным университетом) - 1 публ.

В 2007 году опубликовано более 10 печатных работ.

# Список публикаций УО за 2007

■ Н.К.Абросимов, Г.А.Рябов, Г.Ф.Михеев.  
«Работа синхроциклотрона ПИЯФ в 2005-2006 годах». Сборник «Основные результаты научных исследований ПИЯФ РАН в 2005-2006г», Гатчина, 2007, в печати.

■ Н.К.Абросимов, Е.М.Иванов, Г.А.Рябов, М.Г.Тверской. «Исследование возможности создания на синхроциклотроне ПИЯФ медицинского пучка с энергией 200 МэВ. Сборник «Основные результаты научных исследований ПИЯФ РАН в 2005-2006г», Гатчина, 2007, в печати

■ Лебедев В.М., Смолин В.А., Токарев Б.Б. и др. «Исследование свойств, состава и структуры мариалов на пучках электростатического ускорителя ядерно-физическими методами». Сборник «Основные результаты научных исследований ПИЯФ РАН в 2005-2006г», Гатчина, 2007, в печати

■ С.А.Артамонов, А.Н.Дубровин, «Компьютерное моделирование 3D магнитного поля изохронного циклотрона в Гатчине», 13 International workshop: Beam Dynamics and Optimization-BDO 2006, December 21-23 2006, St.Petersburg, Russia, p.16.

28.12.2007

■ Н.К.Абросимов, С.А.Артамонов, В.А.Елисеев, Г.А.Рябов, «О возможных резонансах в Гатчинском Изохронном Циклотроне», 13 International workshop: Beam Dynamics and Optimization –BDO 2006, December 21-23 2006, St.Petersburg, Russia, p.15.

■ Н.К.Абросимов, С.А.Артамонов, А.Н.Дубровин, В.А.Елисеев, Г.А.Рябов, «Оптимизация магнитной системы изохронного циклотрона в Гатчине на основе 3D моделирования по программе MERMAID», 14 International workshop: Beam Dinamics and Optimization –BDO 2007, July 3-6, 2007, St.Petersburg, Russia, p.11.

■ N.K.Abrossimov, G.F.Mikheev, G.A.Riabov, and the accelerator staff , PNPI Synchrocyclotron in 2002-2006, PNPI XXXV, «Main Scientific Activity 2002-2006», Gatchina, 2007, Inpress.

■ V.M.Lebedev, A.G.Krivchitch, V.A.Smolin, B.B.Tokarev, E.L.Terukov1, V.K.Gusev1, Investigation of Gas-Filleg Detectors and Boronization in Globus-M Tokamak Using the Electrostatic Accelerator Beams, PNPI XXXV, «Main Scientific Activity 2002-2006», Gatchina, 2007, Inpress.

Рябов Г.А.

# Список публикаций УО за 2007

■ N.K.Abrossimov,, S.A.Artamonov, V.P.Gres, V.A.Eliseev, E.M.Ivanov, Yu.T.Mironov, G.F.Mikheev, A.S.Pokrovsky, G.A.Riabov, V.A.Smolin, I.A.Petrov, B.B.Tokarev, Design and Construction of A 80 MeV H-ion Isochronous Cyclotron, PNPI XXXV, «Main Scientific Activity 2002-2006», Gatchina,2007,Inpress.

■ Лебедев В.М., Крившич А.Г., Смолин В.А. Исследование старения газоразрядных детекторов частиц методом ядерных реакций. // Известия РАН. Серия физическая. 2007. Т. 71. № 9. С. 1360-1366.

■ Lebedev V.M., Krivchitch A.G., Smolin V.A., Investigation of the Aging of Gas-Discharge Detectors of Particles with the Use of Nuclear Reaction Analysis // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 2007, Vol. 71, No. 9, pp. 1327-1333.

■ Lebedev V., Krivshitch A. Application of Nuclear Reaction Analysis for the fluorine content measurements under the aging investigation of the gas-filled particle detectors. //Book of Abstracts of the 11th Vienna conference on instrumentation, Feb. 19-24, 2007. P.124.

28.12.2007

■ Lebedev V.M., Latukhina N.V., Smolin V.A., Investigation of depth concentration profiles of elements in silicon-rare earth oxide structures using deuteron beams / Book of Abstract of LVII International conference of Nuclear Physics “NUCLEUS-2007”, Russia, Voronezh, 25-27 June 2007, Saint-Petersburg, 2007. P. 300.

■ К.Н. Ермаков, Н.А.Иванов, В.В.Пашук, М.Г.Тверской, «Методика оценки величины энергии, выделяющейся внутри микрообъема полупроводниковой структуры в результате счетного количества ядерных реакций», Вопросы Атомной науки и Техники, серия «Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру», Научно-технический сборник, выпуск 1-2, М., 2007, стр.17-19.

■ К.Н. Ермаков, Н.А.Иванов, В.В.Пашук, М.Г.Тверской, «Пространственное распределение энерговыделения от остаточных ядер взаимодействия быстрых протонов с ядрами кремния», Вопросы Атомной науки и Техники, серия «Физика радиационного воздействия на радиоэлектронную аппаратуру», Научно-технический сборник, выпуск 1-2, М., 2007,

Рябов Р.А. стр.20-23.

27

# Список публикаций УО за 2007

- К.Н. Ермаков, Н.А.Иванов, В.В.Пашук, М.Г.Тверской, «Учет ионизационных эффектов в оценке пространственного распределения энерговыделения от остаточных ядер взаимодействия быстрых протонов с ядрами кремния», «Радиационная стойкость электронных систем, СТОЙКОСТЬ-2007», Научно-технический сборник, выпуск 10, М.,2007, стр.139-140.
- К.Н. Ермаков, Н.А.Иванов, О.В.Лобанов, С.М.Любинский, В.В.Пашук, М.Г.Тверской, Т.Ю.Фисенко «Исследование локальных структурных дефектов в ПЗС от воздействия высокоэнергетичных частиц», «Радиационная стойкость электронных систем, СТОЙКОСТЬ-2007», Научно-технический сборник, выпуск 10, М.,2007, стр.65-66.



# 6. Ускорительный отдел в 2007 году

## Наши трудно-разрешимые проблемы

1 Неясность с финансированием на 2008 г.

2 Кадры.

В 2007 году сокращение кадров не затронуло ускорительный отдел

Однако, эксплуатация ускорителя и новые разработки находятся на грани срыва из-за убыли и старения кадров

3. Капитальный ремонт оборудования (трансформаторы, крыш, систем водоохлаждения, вакуумной системы и т.д.)

■ **Успехов в  
Новом Году !**



■ **Спасибо за  
внимание!**