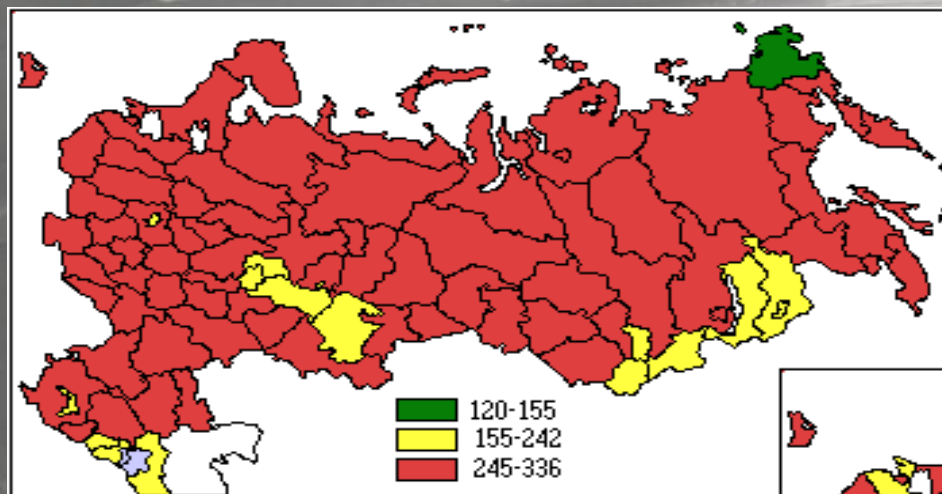


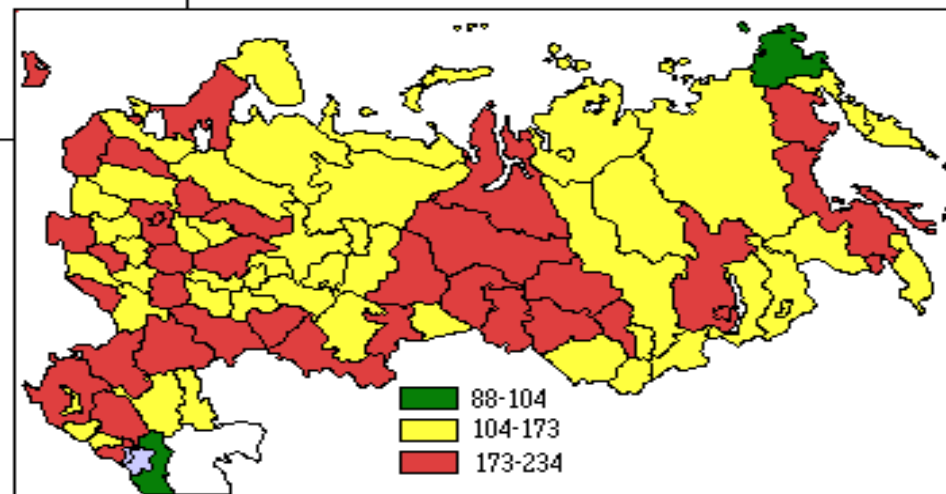
# Протонная терапия глаз

Докладчик: Чернова Мария

# Заболеваемость злокачественными новообразованиями

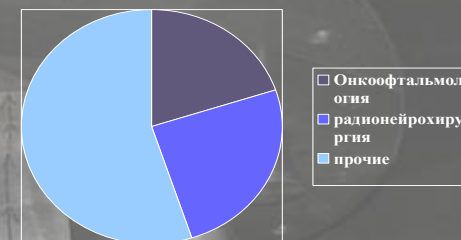
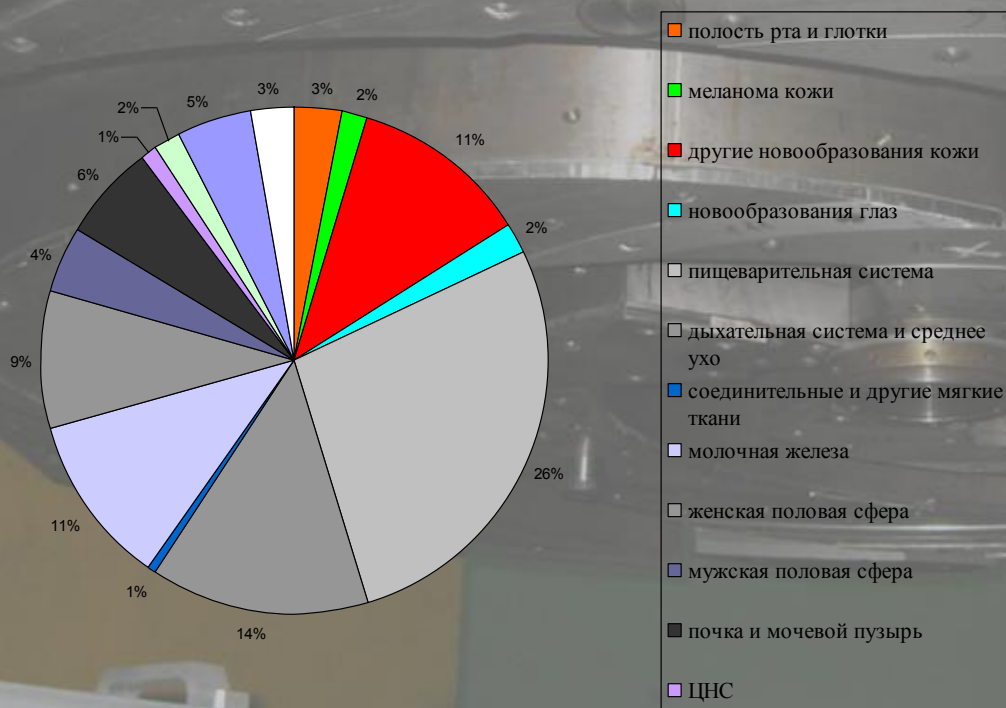


Заболеваемость мужчин всеми формами злокачественных новообразований на 100 тыс населения, 1996



Заболеваемость женщин всеми формами злокачественных новообразований на 100 тыс населения, 1996

# Статистика заболеваемости и лечения



# О преимуществах протонной терапии



- Малое угловое рассеяние
- Глубина проникновения определяется энергией
- Увеличение ЛПЭ на конце пробега

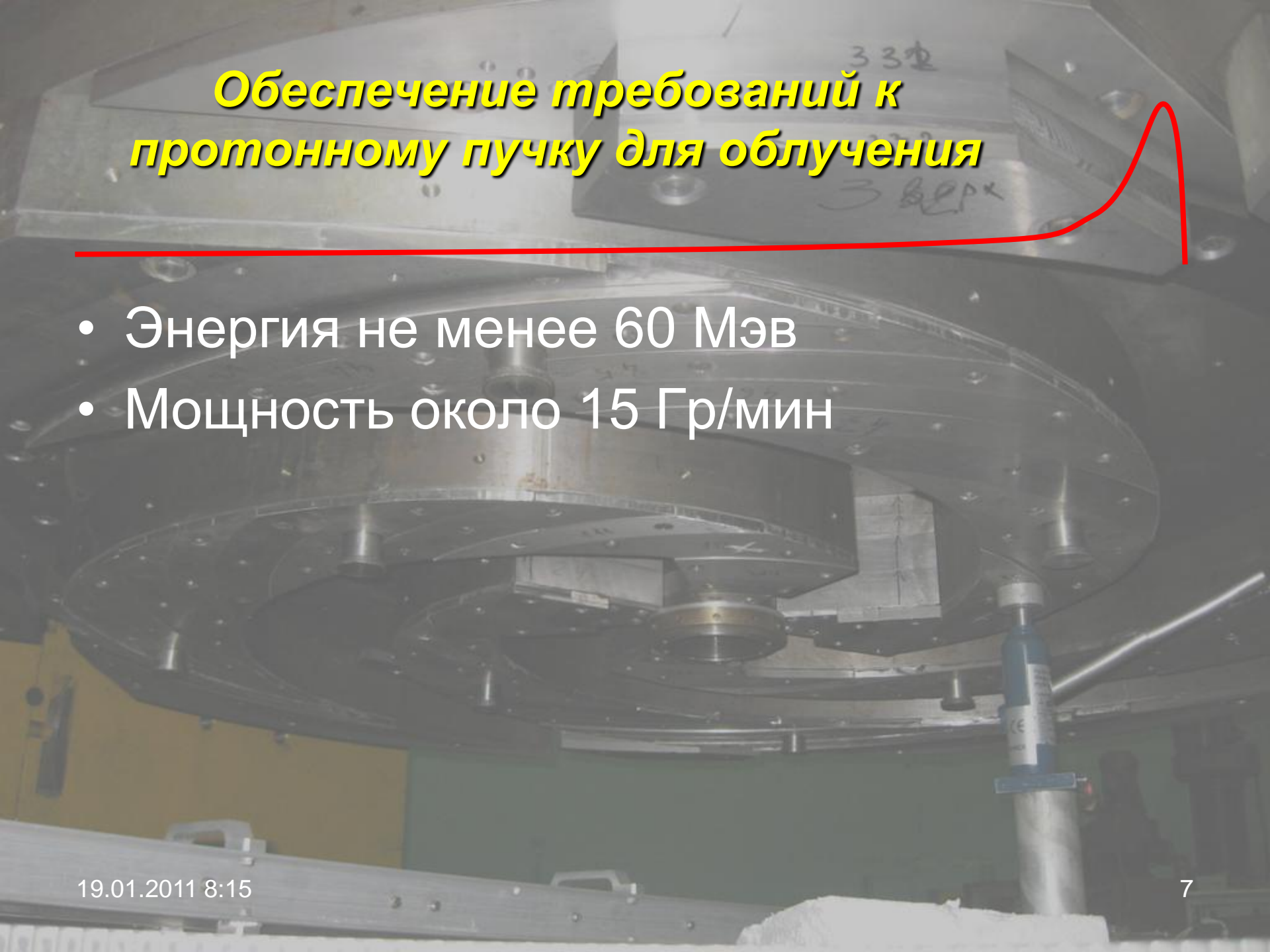
# О преимуществах протонной терапии

---

- 1/3 смертей вызвана региональными осложнениями
- Увеличение дозы на 1% увеличивает излечимость на 2-4%
- Отпускаемая доза определяется осложнениями со стороны здоровых тканей.

### Требования к протонному пучку:

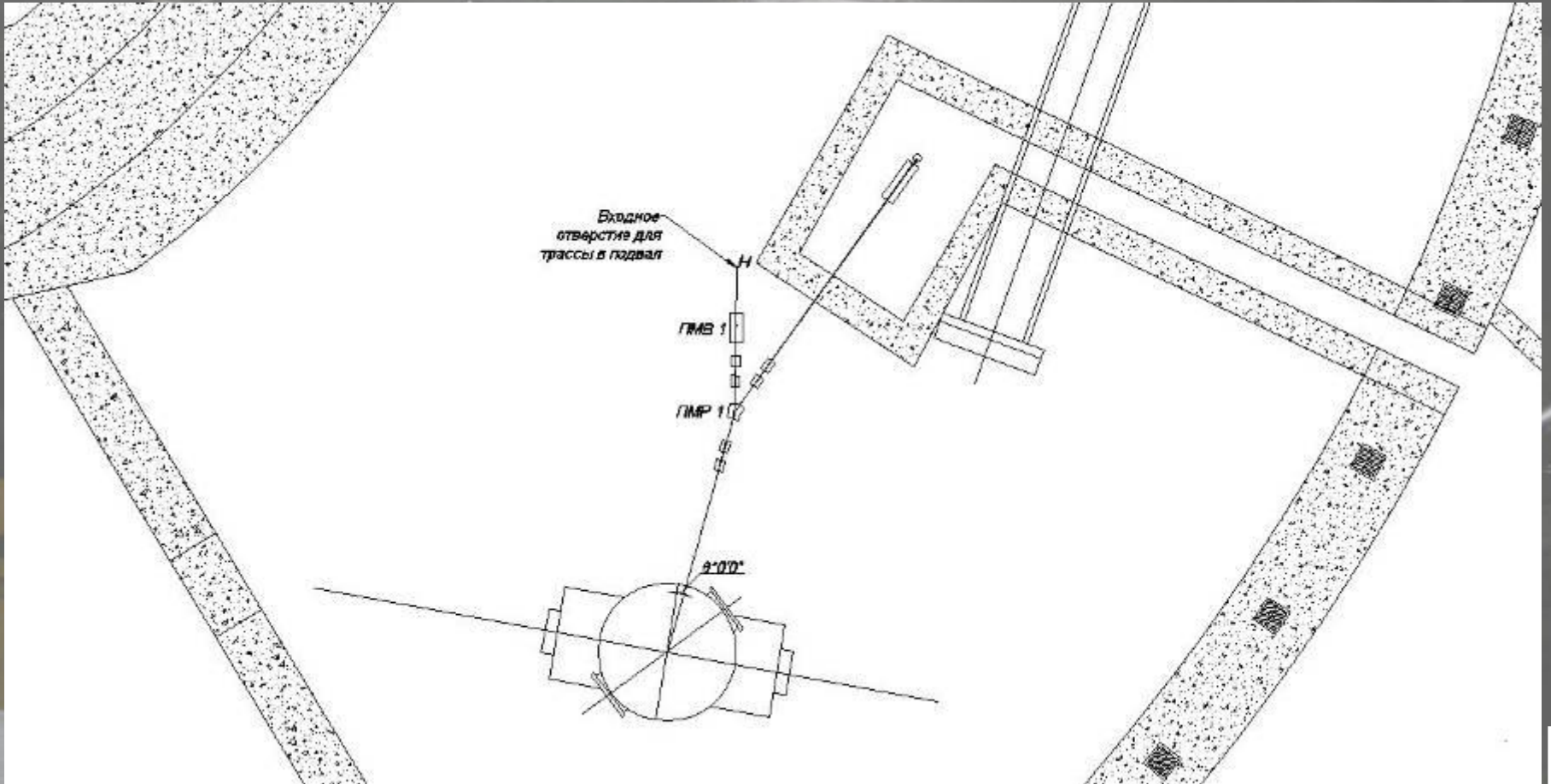
- энергия протонного пучка должна быть не менее 60 МэВ.
- пробег протонов должен дополнительно регулироваться в диапазоне от 3 до 35 мм, перекрывая тем самым весь необходимый диапазон глубин облучения;
- средняя мощность дозы должна быть около 15 Гр/мин, что обеспечивает ~~оптимальное время облучения не более 1 минуты~~. Курс протонного облучения внутриглазной меланомы проводится за 5 фракций в суммарной дозе 60-70 CoGyE (кобальт – эквивалент Грея);
- спад дозы от 90% до 50% и от 90% до 10% как на боковой, так и на задней (дистальной) границе дозного поля должен проходить на дистанции 1-2 и 2-4 мм соответственно;
- поперечный размер поля по 90% изодозе может лежать в диапазоне от 6 до 25 мм;
- форма 90% изодозы поперечного сечения сформированного поля должна быть строго индивидуальной и точно соответствовать проекции мишени на плоскость перпендикулярную оси протонного пучка;
- протяженность 90% плато модифицированного пика Брегга должна соответствовать протяженности проекции мишени на плоскость, вдоль оси пучка (диапазон от 5 до 35 мм), при этом доза на ткани глаза, лежащие на пути к мишени, должна быть минимизированна;
- точность абсолютных и относительных дозиметрических измерений должна быть не хуже  $\pm 5$  и  $\pm 2\%$  соответственно;



## **Обеспечение требований к протонному пучку для облучения**

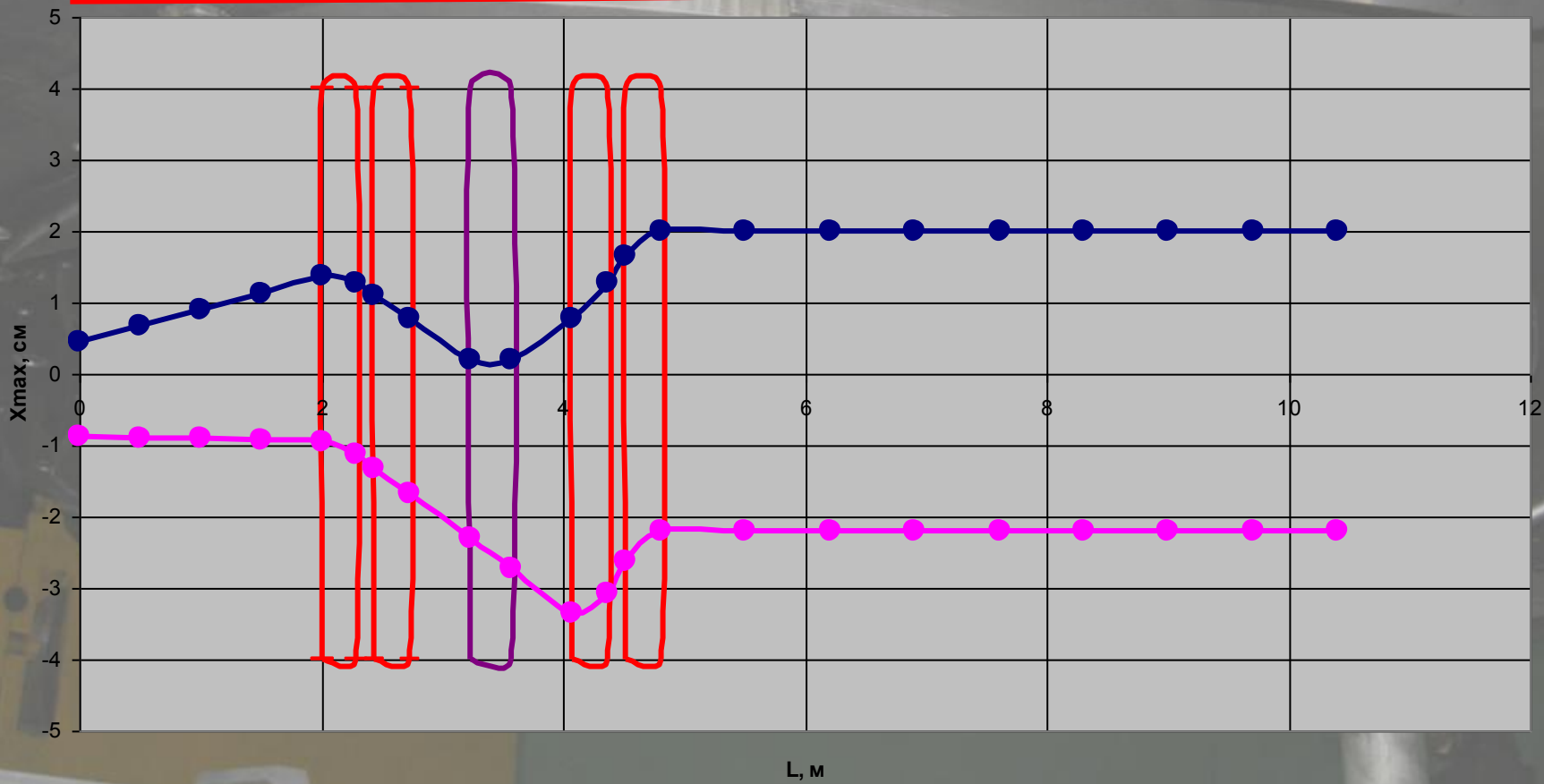
- Энергия не менее 60 Мэв
- Мощность около 15 Гр/мин

# Геометрия тракта





# Огибающая пучка

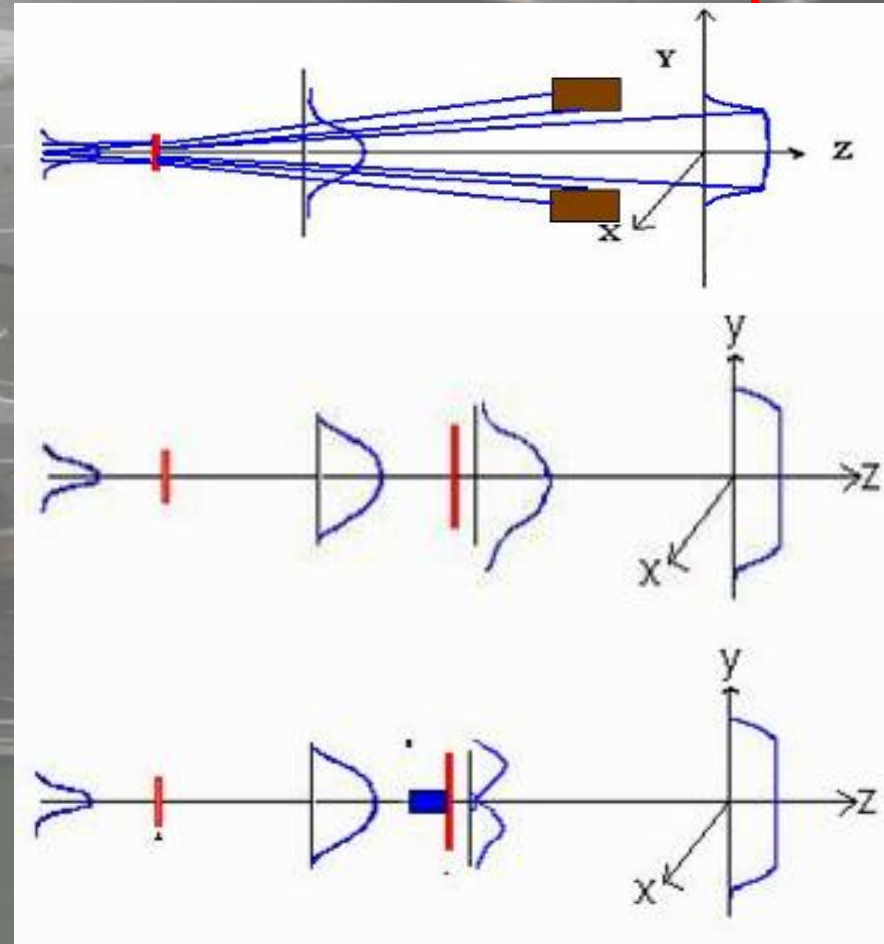


● Огибающая X ● Огибающая Y — линза 1 — линза 2 — поворотный магнит — линза 3 — линза 4



# Обеспечение требований к протонному пучку для облучения

- спад дозы от 90% до 50% на боковой границе дозного поля должен проходить на расстоянии 1-2 мм



# Обеспечение требований к протонному пучку для облучения

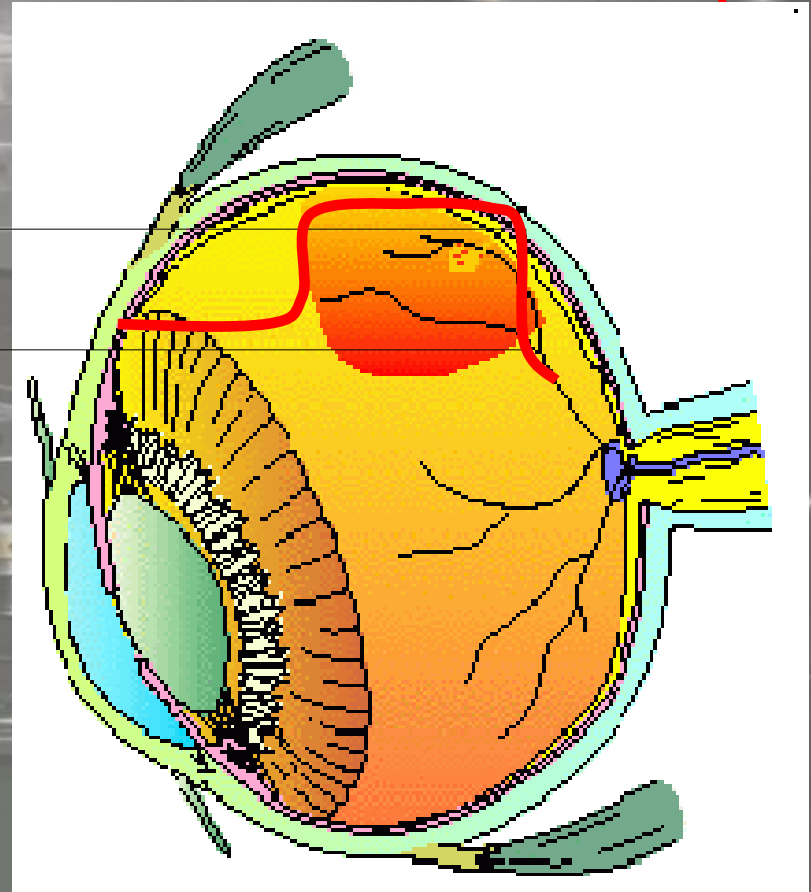
- Форма 90% изодозы поперечного сечения должна быть строго индивидуальной и точно соответствовать проекции мишени на плоскость, перпендикулярную протонному пучку.



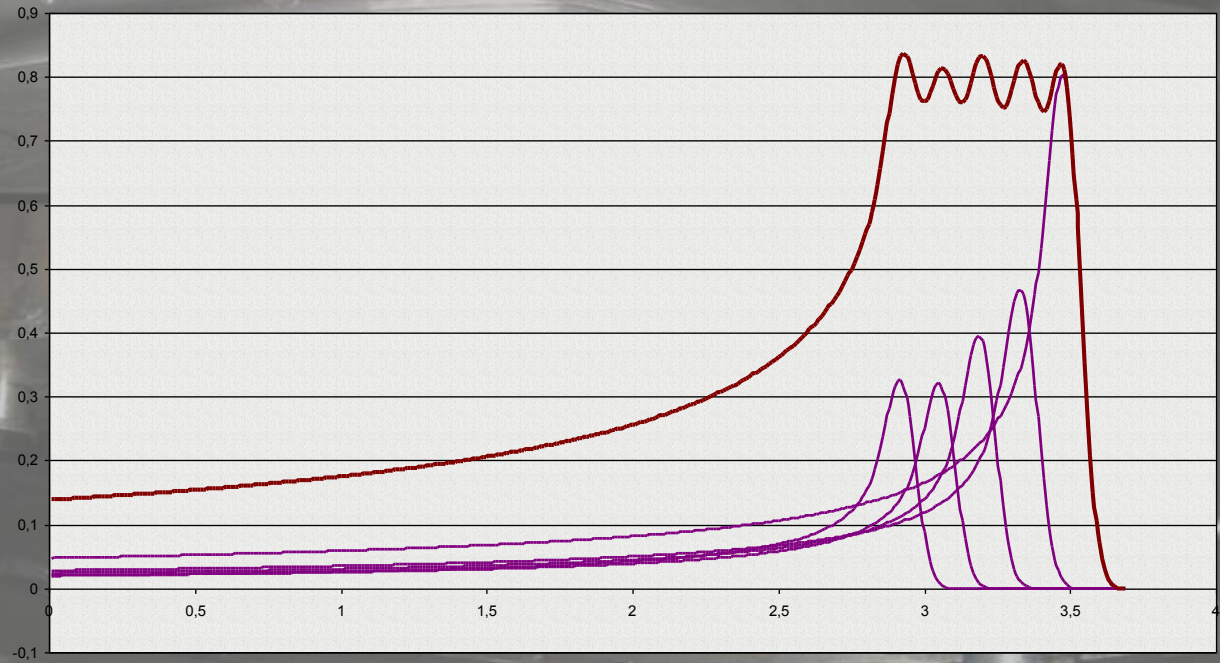
## Обеспечение требований к протонному пучку для облучения

Спад дозы от 90% до 10% на  
задней границе дозного  
поля должен происходить  
на дистанции 2-4 мм.

Протяженность 90%  
изодозы  
модифицированного пика  
Брэгга должна  
соответствовать  
протяженности проекции  
мишени на плоскость вдоль  
оси пучка.



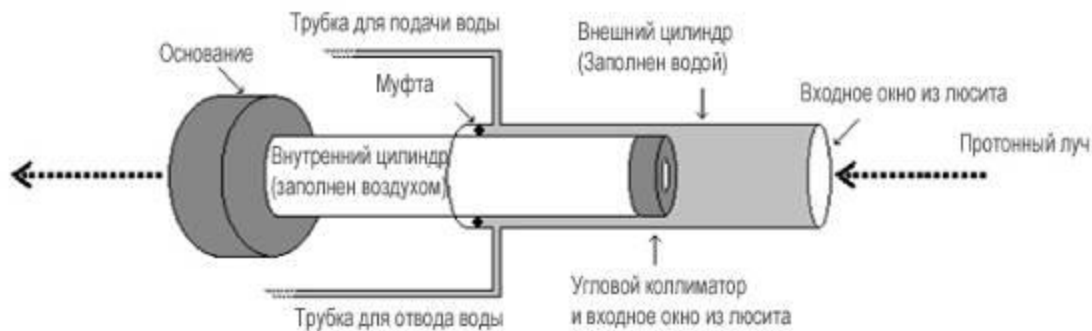
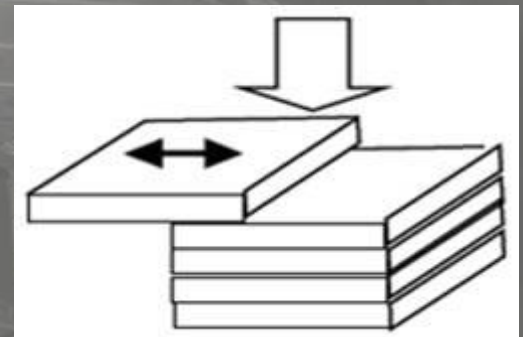
# Обеспечение требований к протонному пучку для облучения гребенчатый фильтр



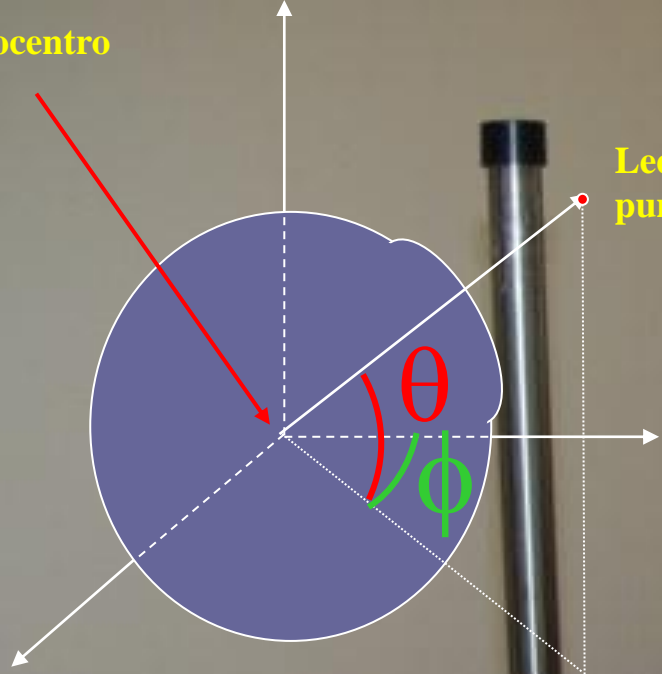
19.01.2011 8:15

# Обеспечение требований к протонному пучку для облучения деградер

- Пробег протонов должен дополнительно регулироваться в диапазоне от 3 до 35 мм



Isocentro

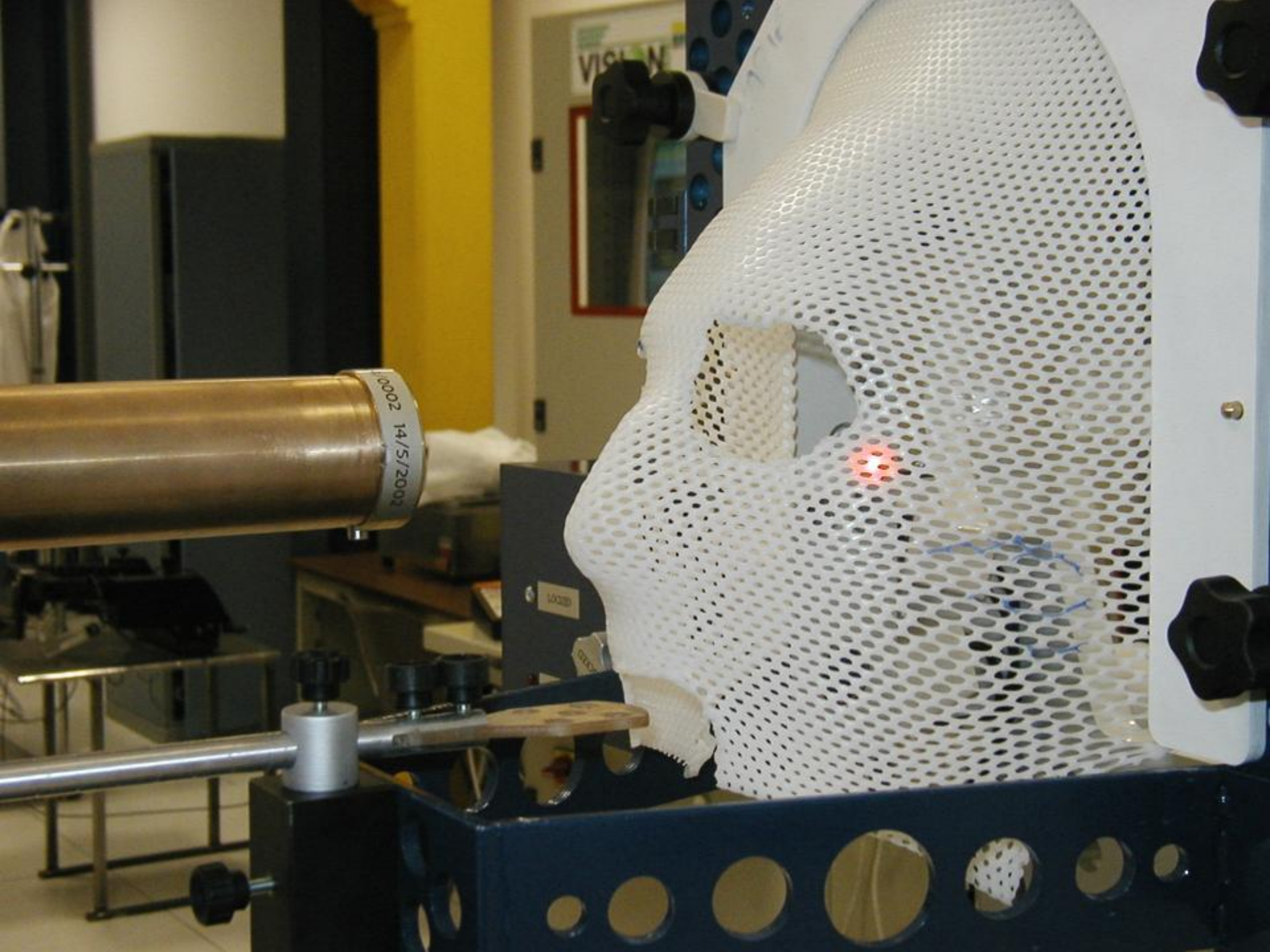


Led di  
puntamento

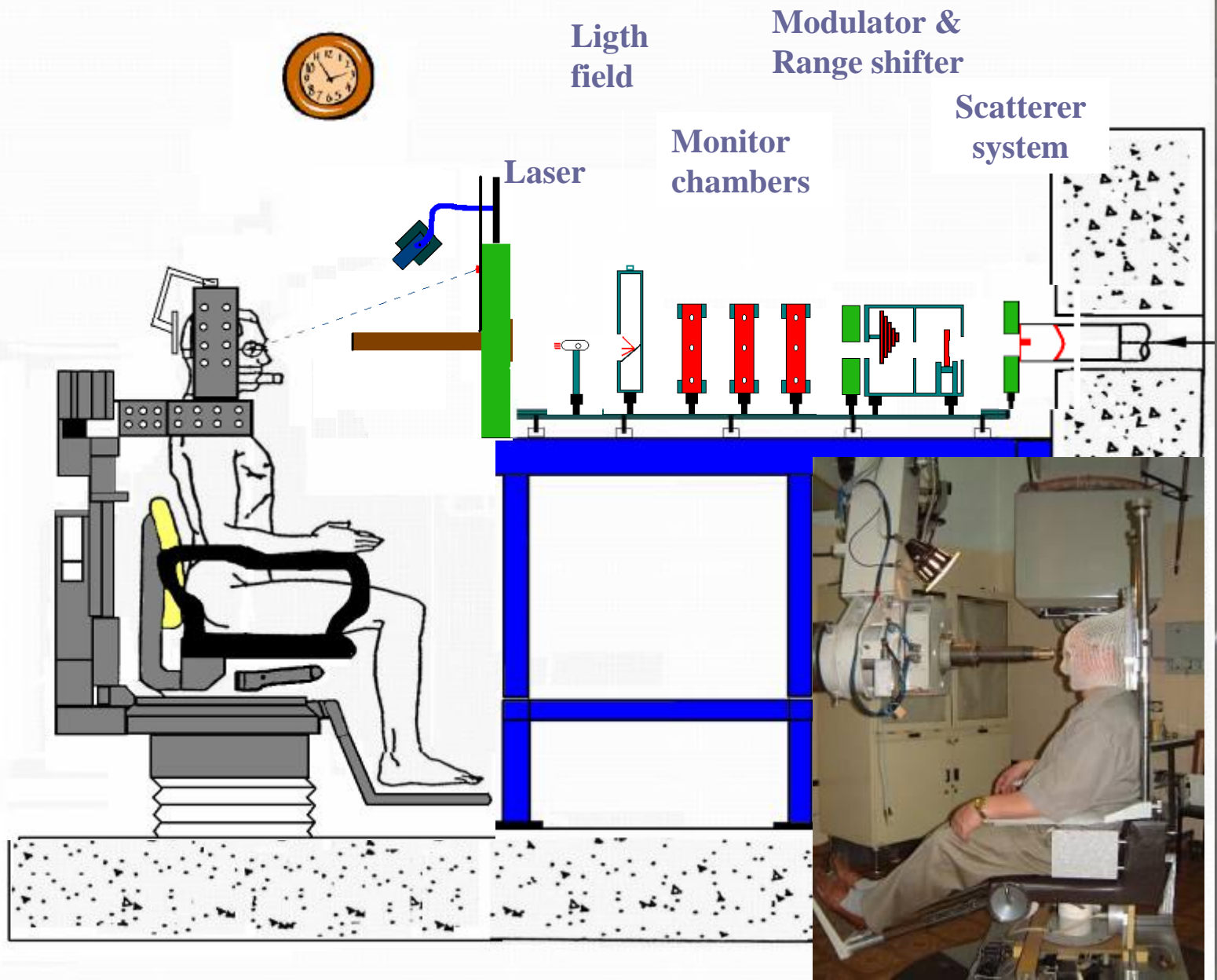
$\theta$  angolo polare

$\phi$  angolo azmutale

12 9 2002







Ligh  
field

Modulator &  
Range shifter

Scatterer  
system

Monitor  
chambers

Laser



# Заключение

- Сформулированы требования к протонному пучку для облучения злокачественных новообразований органов зрения.
- Определена геометрия тракта транспортировки
- Подобраны магнитные элементы
- Проведена оптимизация параметров тракта
- Предложены способы дальнейшего формирования пучка для удовлетворения требований к характеристикам пучка в месте облучения пациента

332

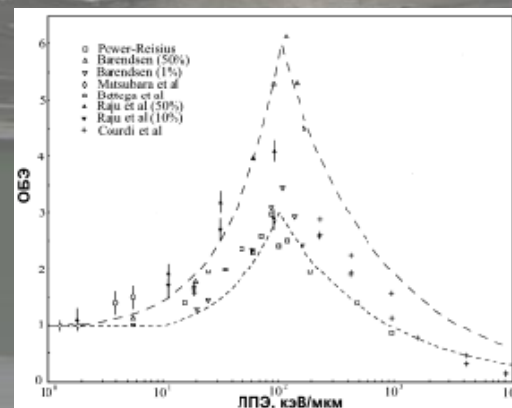
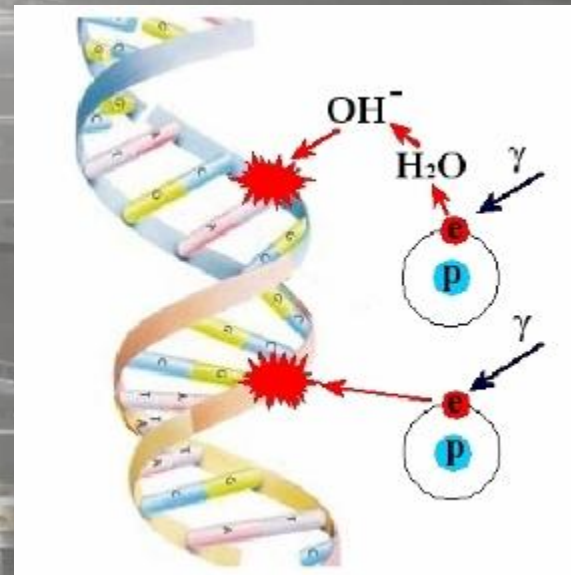
332

382px

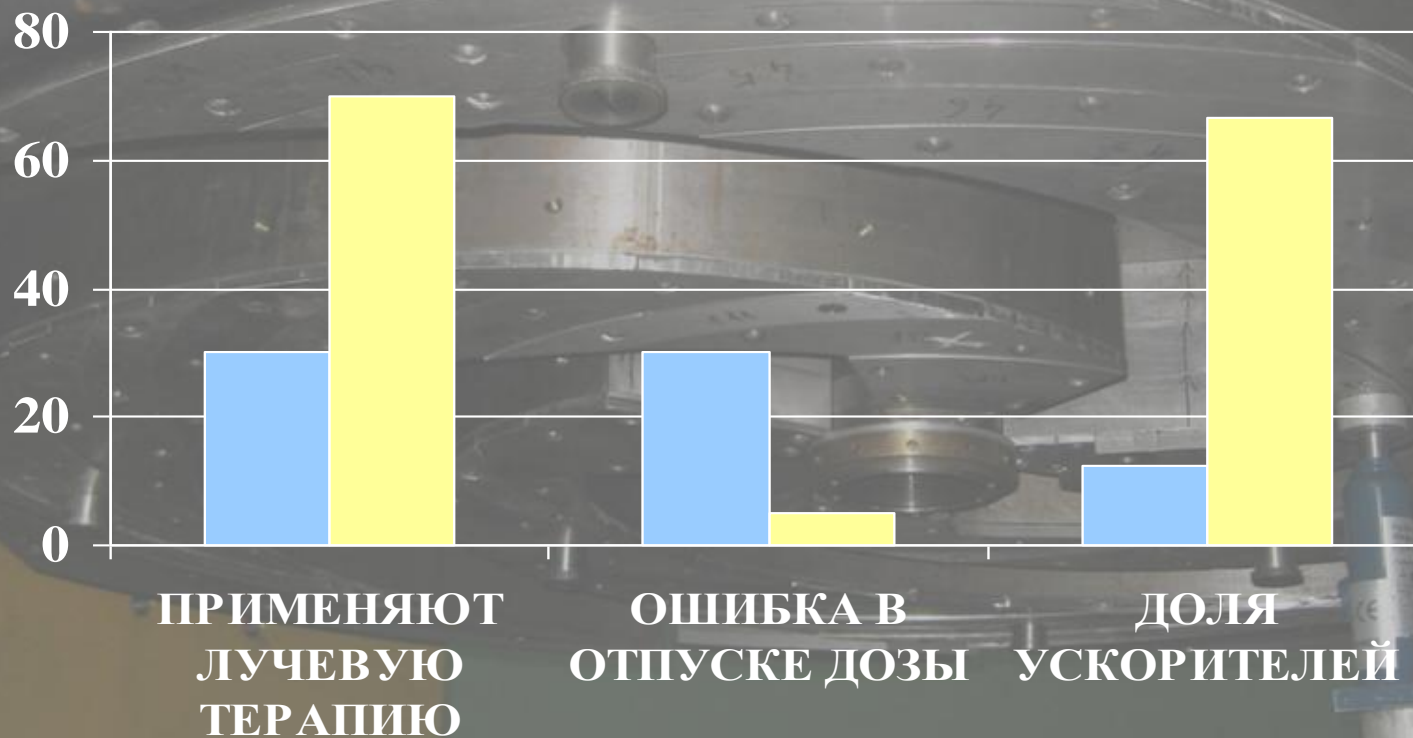
**Спасибо за внимание!**

# Виды лучевой терапии

- Контактная
- Дистанционная
  - Рентгенотерапия
  - Гамма - терапия
  - Электронная терапия
  - Нейтронная терапия
  - Протонная терапия
  - Ионная терапия
  - Пи-мезонная терапия



# Состояние лучевой терапии в России



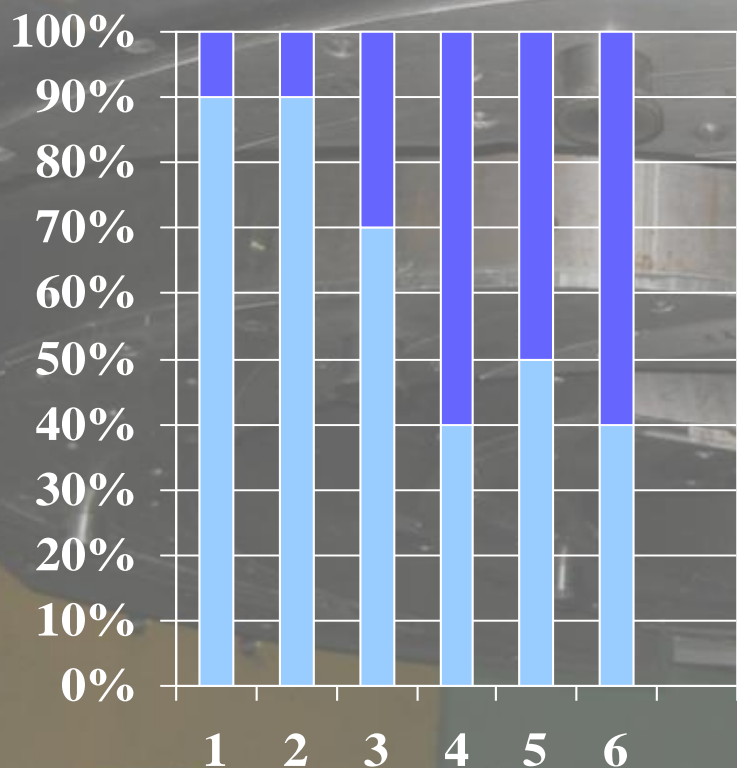
■ ИМЕЕТСЯ ■ ТРЕБУЕТСЯ

# ***Вступление***

---

- Рак впервые описан в египетском папирусе приблизительно в 1600 году до нашей эры
- Сейчас он является одной из основных причин смерти в развитых странах
- Число случаев заболеваемости продолжает расти

# Состояние лучевой терапии в России



1. Отделений лучевой терапии, техническое оснащение которых отстает от развитых стран на 20-30 лет.
2. Дистанционных гамма-терапевтических аппаратов относящихся к разработкам 60—70 годов.
3. Дистанционных гамма-терапевтических установок выработавших 10-летний ресурс.
4. Дистанционных гамма-терапевтических аппаратов не позволяющих реализовать современные терапевтические технологии.
5. Радиологических отделений онкологических диспансеров не оснащенных аппаратами для контактной лучевой терапии.
6. Аппаратов для контактной лучевой терапии находящихся в эксплуатации более 10 лет



# Основные методы лечения рака

---

- Хирургия
- Лучевая терапия
- Лекарственное лечение

# Оценка стоимости различных методов онкологической помощи

Метод	Стоимость, Eur	Относительная стоимость
Средняя стоимость лечения	7500	1.0
Хирургия	6500	0.87
Конвенциональная лучевая терапия	3800	0.51
Химиотерапия	17000	2.27
Трансплантация костного мозга	90000	12.0
Протонная и ионная терапия	6700	0.89

# Центр протонно – лучевой терапии ПИЯФ

- Имеется опыт работы на 1000 МэВ
- Строится циклотрон  
основные параметры циклотрона:  
энергия - 40-80 МэВ,  
интенсивность – 100 мкА

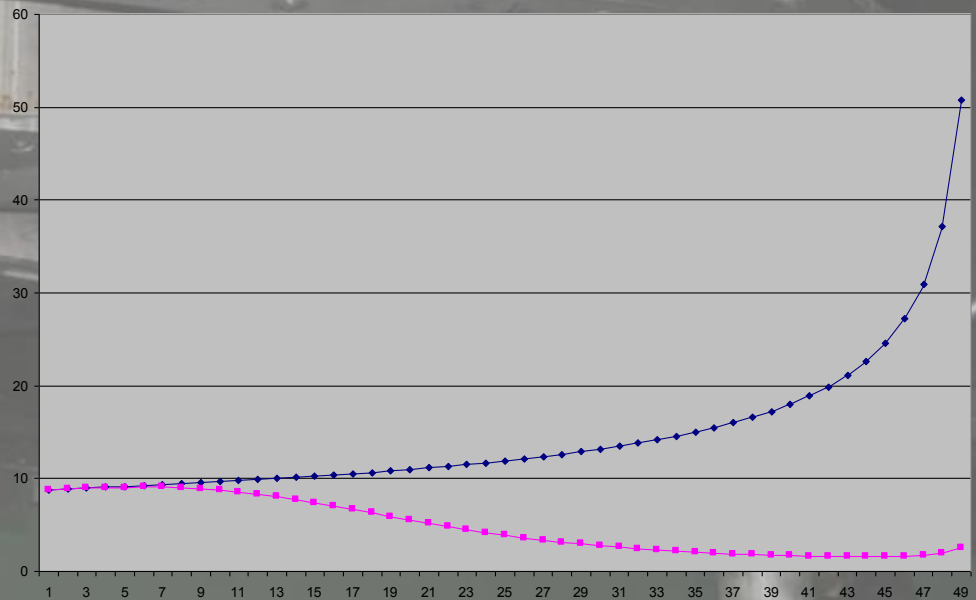
# Лирическое отступление: Вырождение пика Брэгга

- Увеличение сечения пучка
- Увеличение энергетического разброса

$$\sigma = 0.03R(x/R)^{1.65}$$

$$\frac{dE}{dx} = \frac{18}{(R-x)^{0.45}}$$

$$\frac{\langle (r - \bar{r})^2 \rangle_{cp}}{\bar{r}} = \sqrt{\frac{200 m_e}{m}} f(E/mc^2)$$



Зависимость ЛПЭ и поглощенной дозы от  
глубины проникновения протонов в фантом для  
узкого пучка

# Фазовые эллипсы

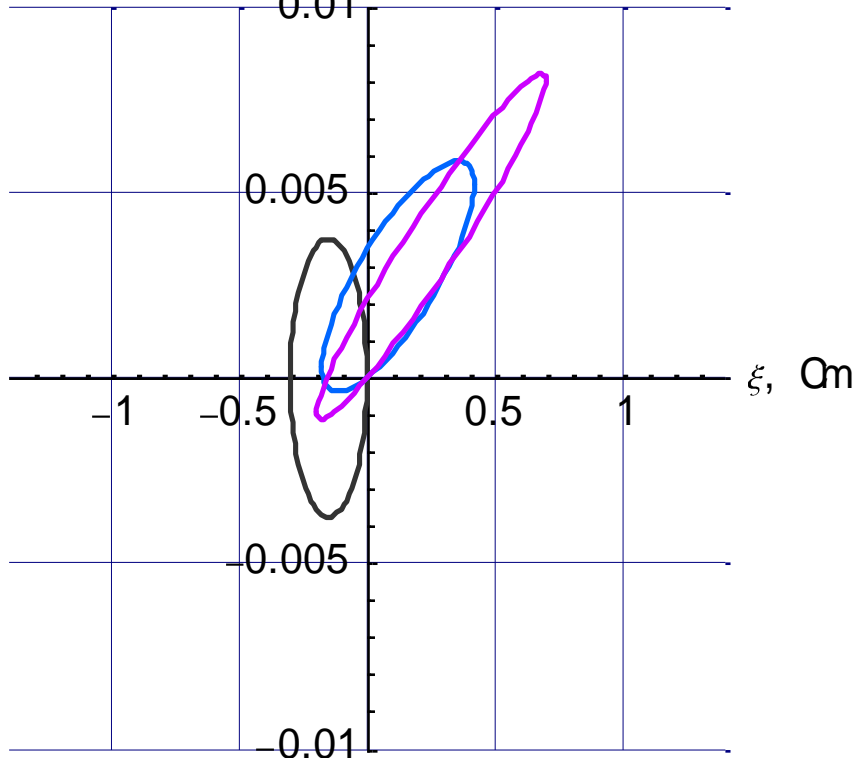
70 MeV  $\xi'$ , Rad

0.01

0.005

-0.005

-0.01



70 MeV  $Z'$ , Rad

0.01

0.005

-0.005

-0.01

