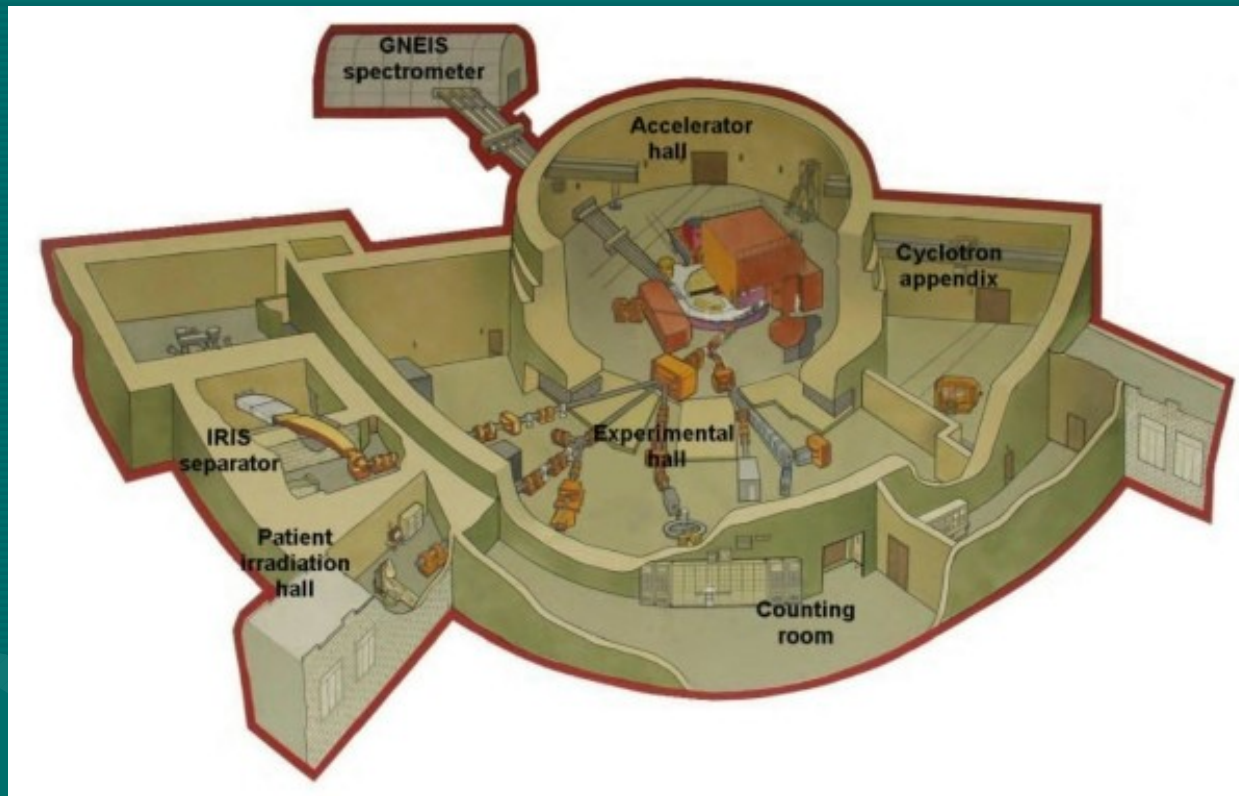


**Центр протонной терапии
и
производство медицинских радиоизотопов
в
Петербургском институте ядерной физики**

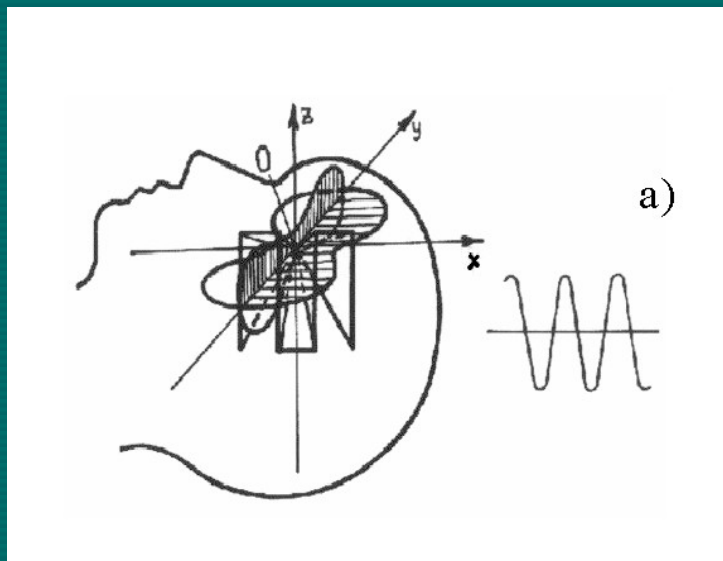
A stylized, semi-transparent illustration of two hands shaking, positioned at the bottom of the slide. The hands are rendered in a light teal color, matching the background, and are shown in a firm grip, symbolizing partnership or agreement.

- Существующий мед.комплекс на СЦ-1000 :
(см. Видеофильм) .
- Мед.изотопы и глазная терапия на Ц-80.
- Протонная терапия на С-230.

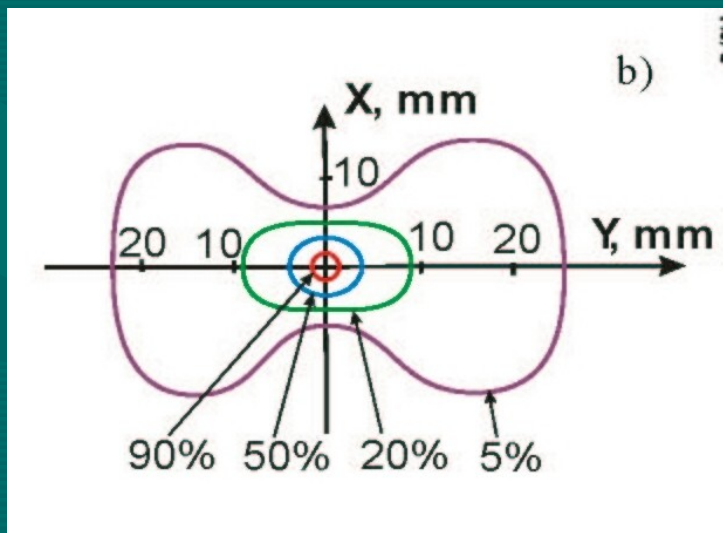
Комплекс протонной терапии ПИЯФ-РНЦРХТ успешно функционирует с 1975 года на базе действующего синхроциклотрона ПИЯФ.



К настоящему времени курс протонной терапии ([см. видеофильм](#)) в ПИЯФ прошли 1361 пациент.



Уникальный в медицинской практике метод облучения "напролет" пучком протонов с энергией 1000 МэВ.



Малое рассеяние в веществе протонов с энергией 1000 МэВ

Высокая надежность локализации радиационной дозы в заданном объеме

Статистика облучений



Всего 1361 пациент

Эффективность протонной терапии

	число пациентов	Положит. эффект	Клинич. ремиссия
Аденома гипофиза			
somatotropinoma	201		83%
prolactinoma	115	95%	80%
corticotropinoma	205	97%	96%
Артерио-венозные аневризмы $\leq 8\text{см}^3$	350	74%	65%

85% - однократное облучение

15% - двукратное облучение

**За все время ни одного осложнения, связанного
с качеством облучения**

Ближайшие планы

**Продолжение терапии с использованием протонов
с энергией 1000 МэВ**

**Модернизация систем контроля и управления
процессом облучения.**

**Доведение пропускной способности
до ~100 пациентов в год.**

Завершение сооружения сильноточного протонного циклотрона Ц-80



Ускоряемые частицы Н⁺

Энергия 40 -80 МэВ

Интенсивность 100 мкА

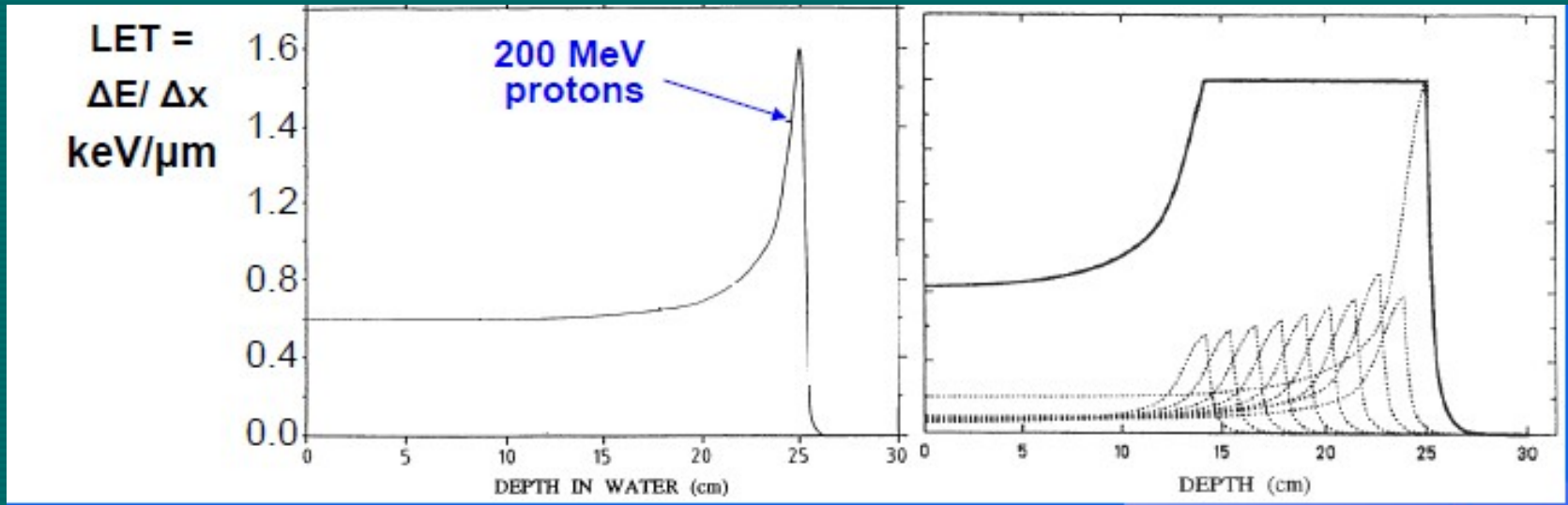
Эффективность вывода 100%

Запуск Ц- 80 в 2012 году

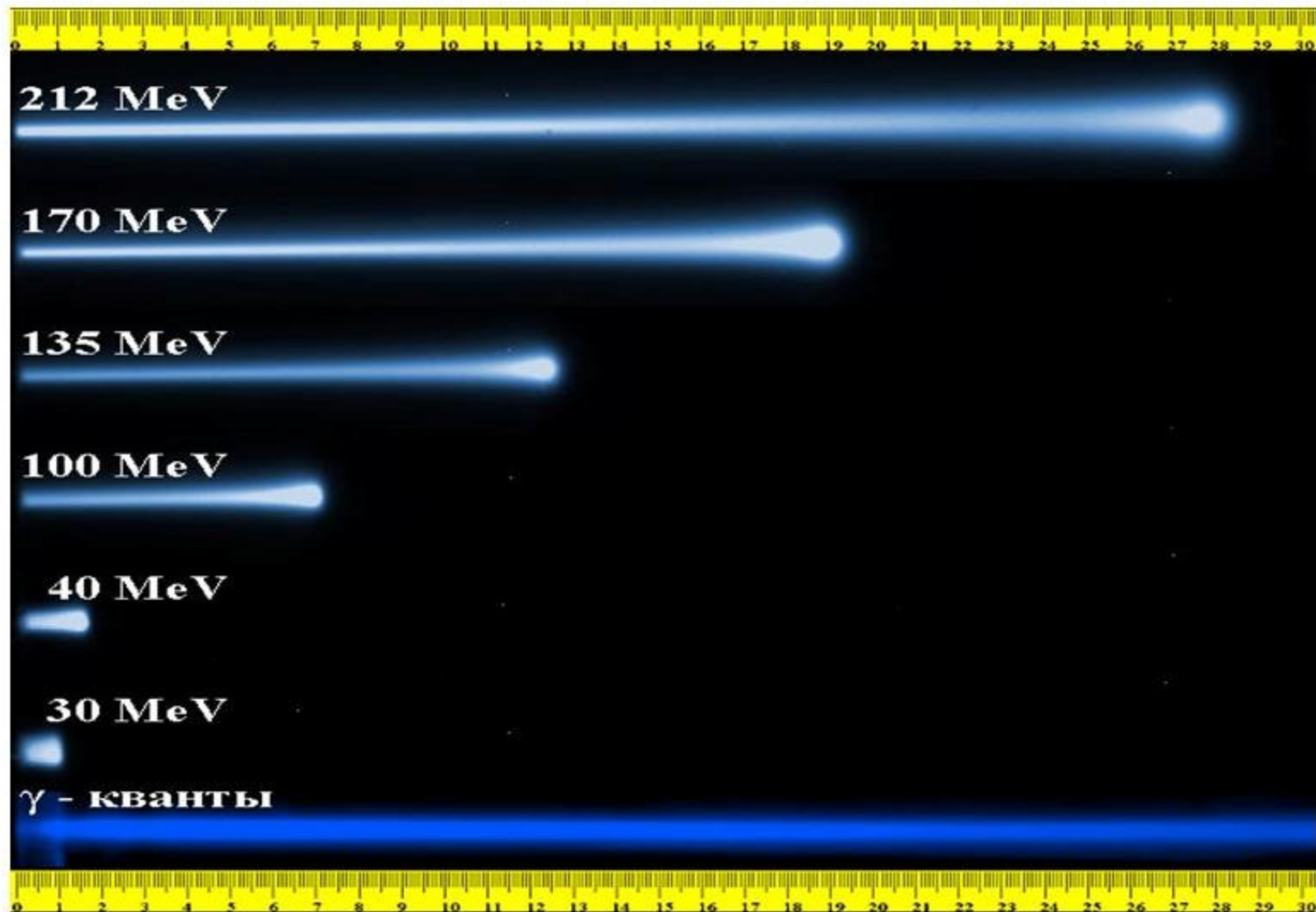
Сооружение в ПИЯФ циклотрона Ц-80 позволяет решить следующие задачи

- 1. Массовое производство радиоизотопов для медицины**
включая производство стронций – рубидиевых генераторов
 - а) Радиохимия
 - б) Масс-спектрометр
- 2. Протонная терапия глаза**
с использованием пучка протонов с энергией 40-80 МэВ.
- 3. Циклотрон может быть инжектором протонов**
в ускоритель, оптимизированный для протонной терапии,
с варьируемой на выходе энергией в диапазоне 100-230 МэВ.

Протонная терапия с использованием пика Брэгга

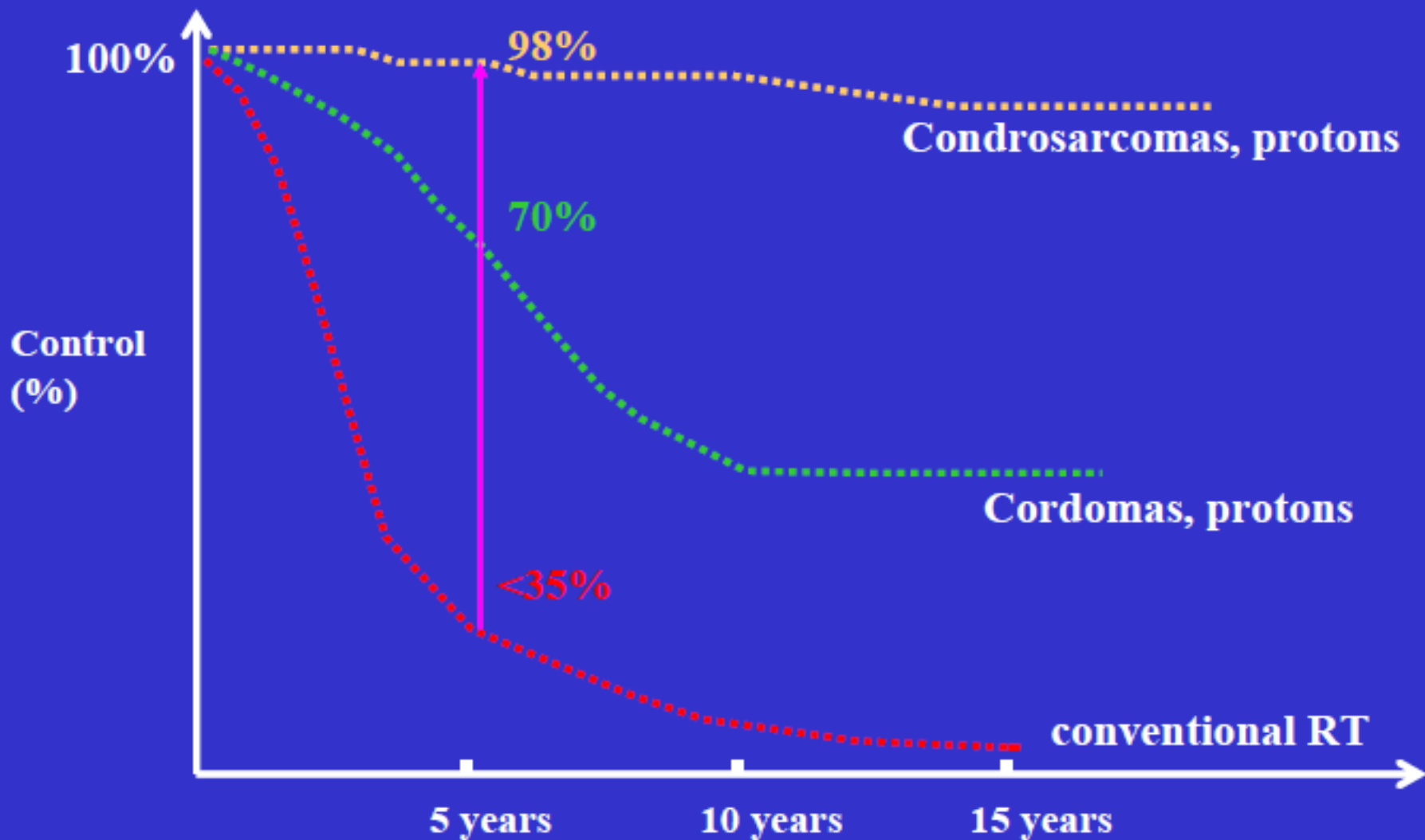


Энергия протонов 140 -200 МэВ



Картина "поражающей" способности пучка протонов различной энергии, выпущенных из ускорителя в люминисцирующее вещество, и, для сравнения, γ -лучей от электронного ускорителя с энергией 18 MeV.

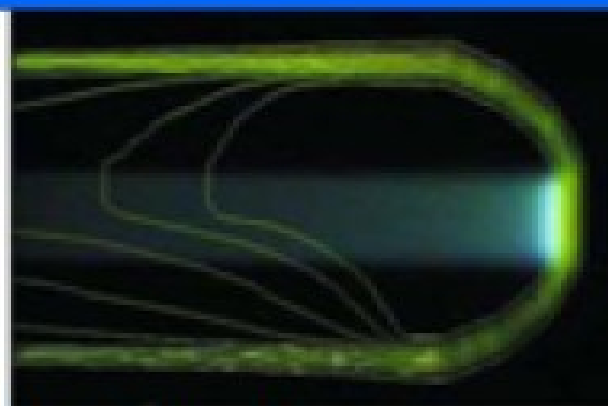
Эффективность протонной терапии



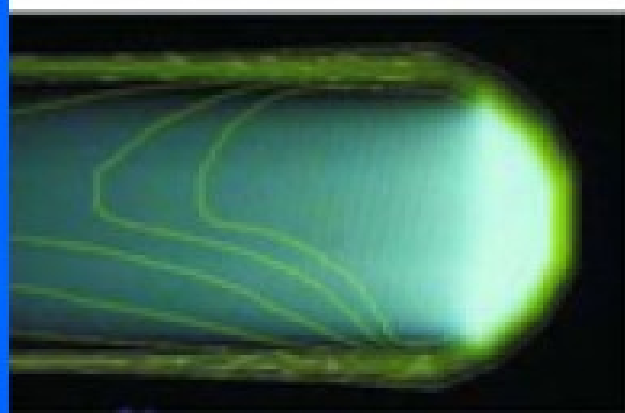
Spot scanning at PSI with Gantry 2



Single 'spot'



1. Lateral scanning with bending magnet upstream at 2 ms/step



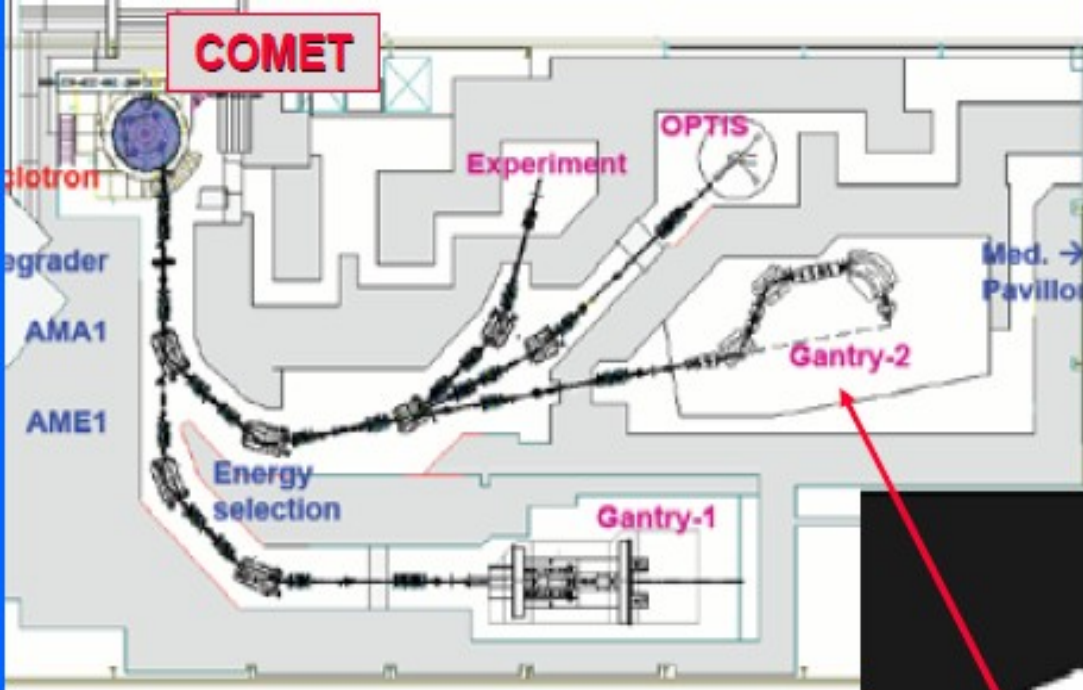
2. Depth scanning by changing energy with absorber upstream



3. Lateral scanning with bending magnet and moving the bed

In future: fast beam scanning with repainting



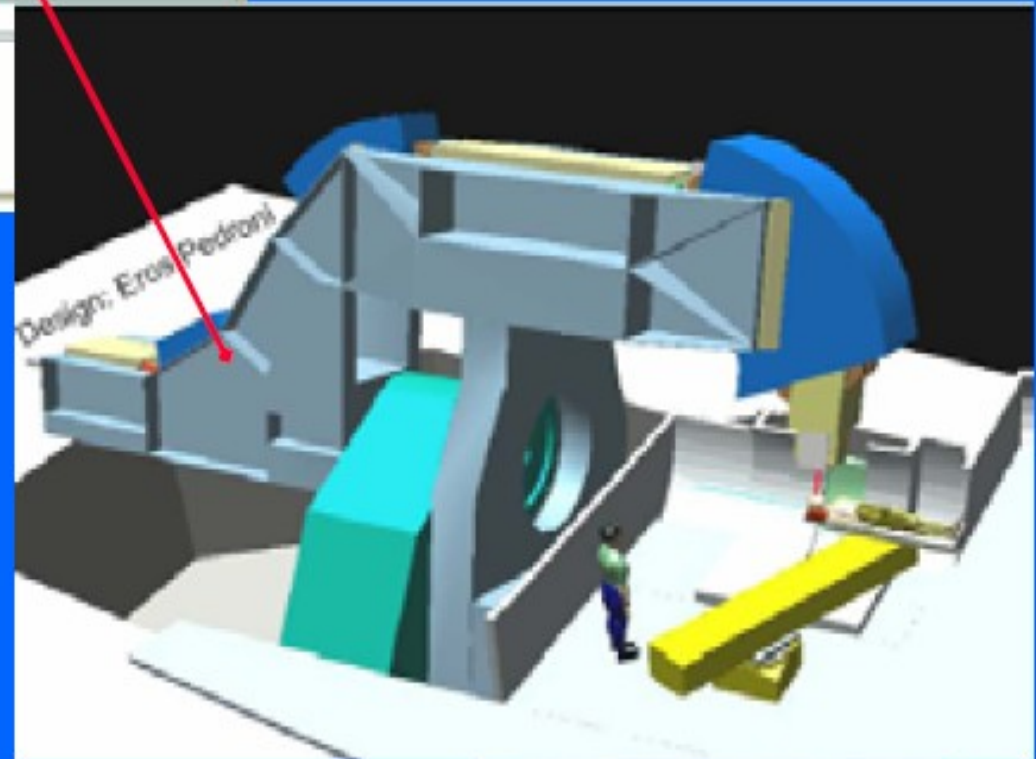


Compact design: 3.5 m radius

Rotation on one side only

Double parallel scanning

Spot scanning technique



Протонная терапия следующего поколения

Высокоскоростная 4-D терапия

X, Y, Z (энергия), T (время)

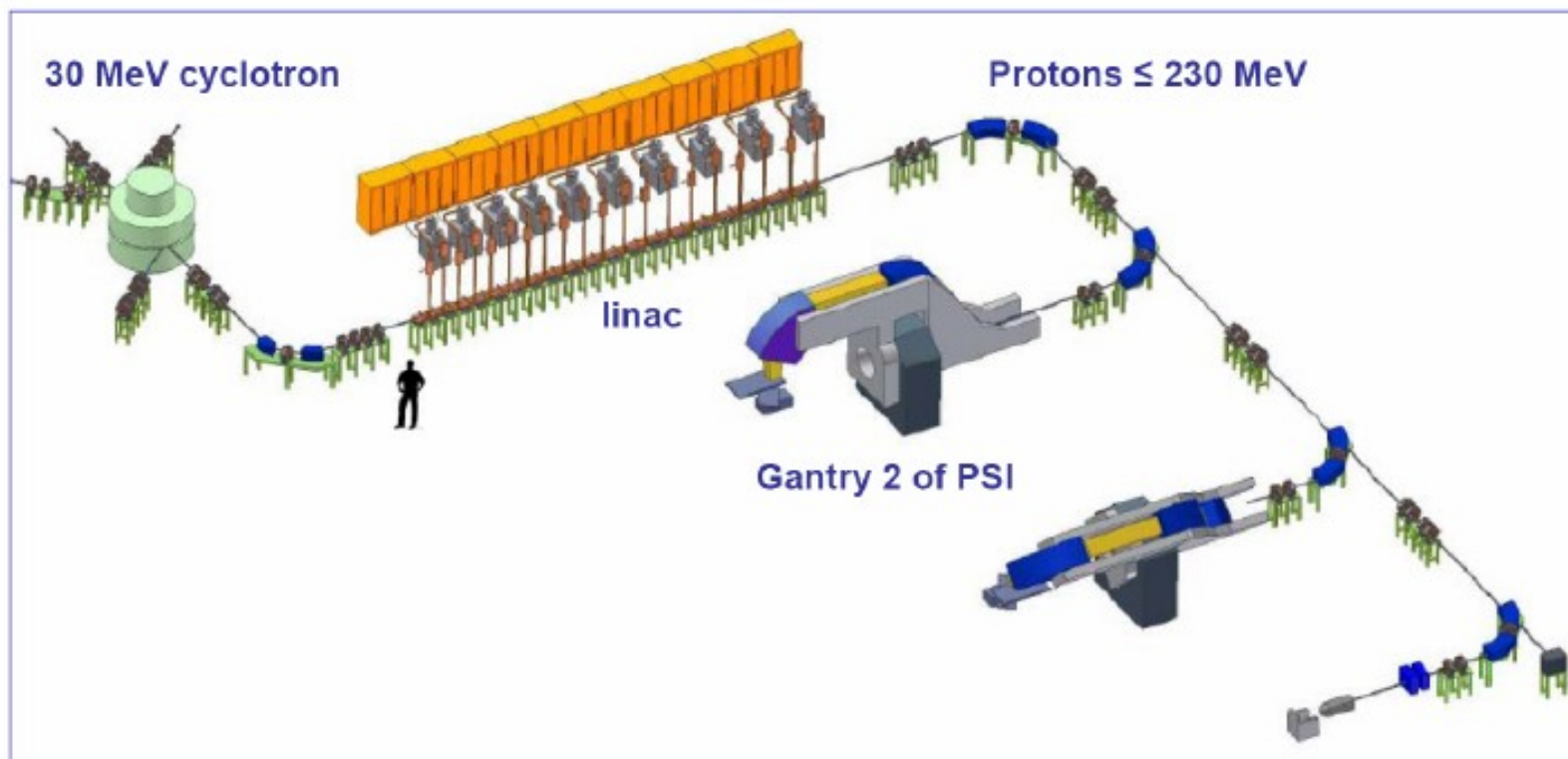
Сокращение времени облучения не более 10 мин

V = 1 литр 10000 шагов 60 миллисекунд на шаг

Отслеживание движущихся при дыхании органов

Высокоскоростная 4D протонная терапия

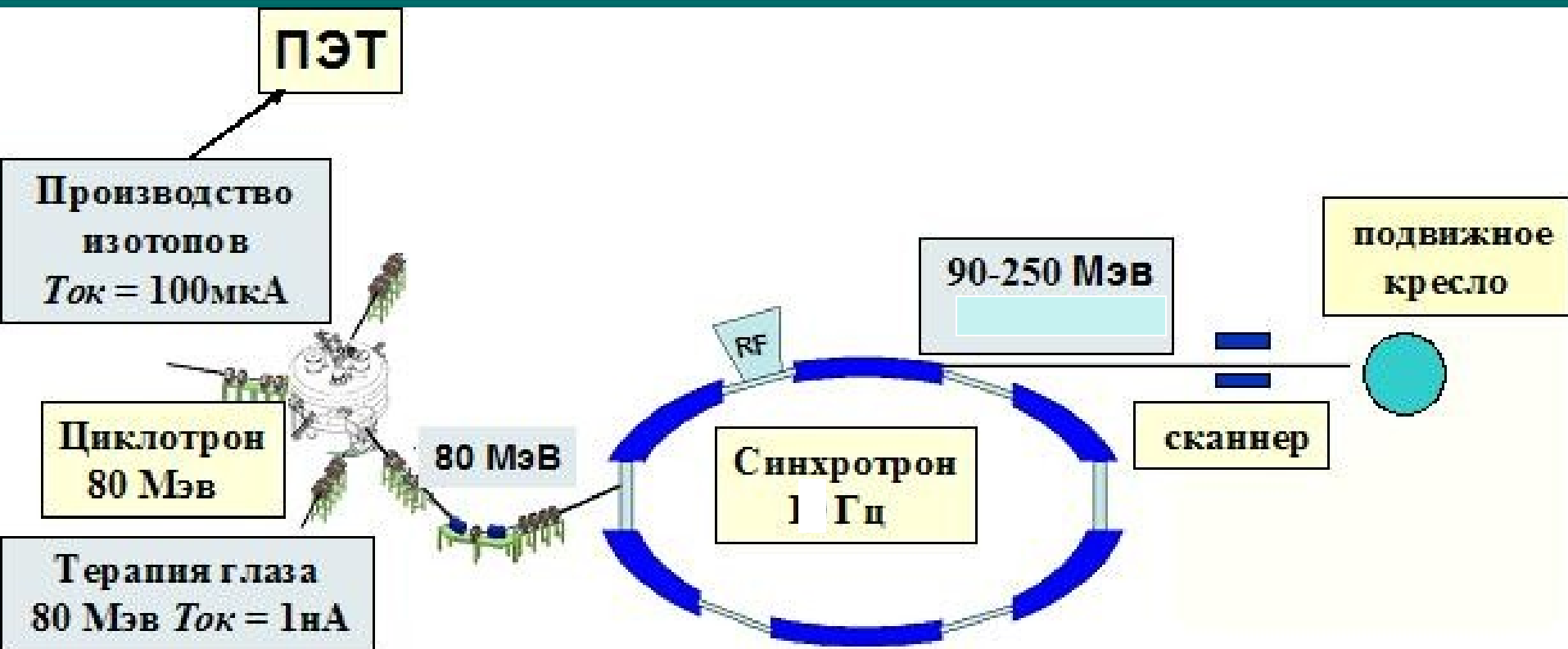
Европейский проект U.Amaldi CERN



Циклотрон + линейный ускоритель

Высокоскоростная 4D протонная терапия

Проект ПИЯФ-ИЯФ (Новосибирск)



Циклотрон ПИЯФ 80 МэВ, 100 мкА
Синхротрон ИЯФ 1 Гц 120-230 МэВ, 10 нА
Модуляция энергии $\pm 10\%$ (10 Гц)

Протонный синхротрон ИЯФ

Бустерный синхротрон

Диаметр 6 метров

Вес 100 тонн

Эл.потребление 100 квт

Время ускорения 1 сек

Время вывода 1-10 сек

Энергия 120 -250 МэВ

Модуляция энергии $\pm 10\%$

Скорость модуляции 10 Гц

Реализация проекта *совместно с РНЦРХТ (С.Петербург)*

Завершение Ц-80

Радио-изотопный комплекс

Мед тракт для глазной хирургии

Тандем Ц-80 - С-230 (запуск)

Общая стоимость 700 млн. руб.

Из них 400 млн.руб. - стоимость С-230

**Новый мед.корпус в ПИЯФ с оборудованием
(включая ГАНТРИ)**

Стоимость 2-3 млрд.руб. (РНЦРХТ)

Новый мед. корпус



- В результате в С.Петербурге может быть создан центр протонной терапии на самом современном уровне
- Он может служить прототипом для создания аналогичных центров в других регионах России

Numbers of potential patients

X-ray therapy (40-50 electron linacs)

every 10 million inhabitants: 20'000 pts/year

Protontherapy

12% of X-ray patients 2'400 pts/year

Therapy with Carbon ions for radio-resistant tumour

3% of X-ray patients 600 pts/year

TOTAL every 10 M about 3'000 pts/year

(*) Combining studies made in Austria, Germany, France, Italy and Sweden - ENLIGHT

The End