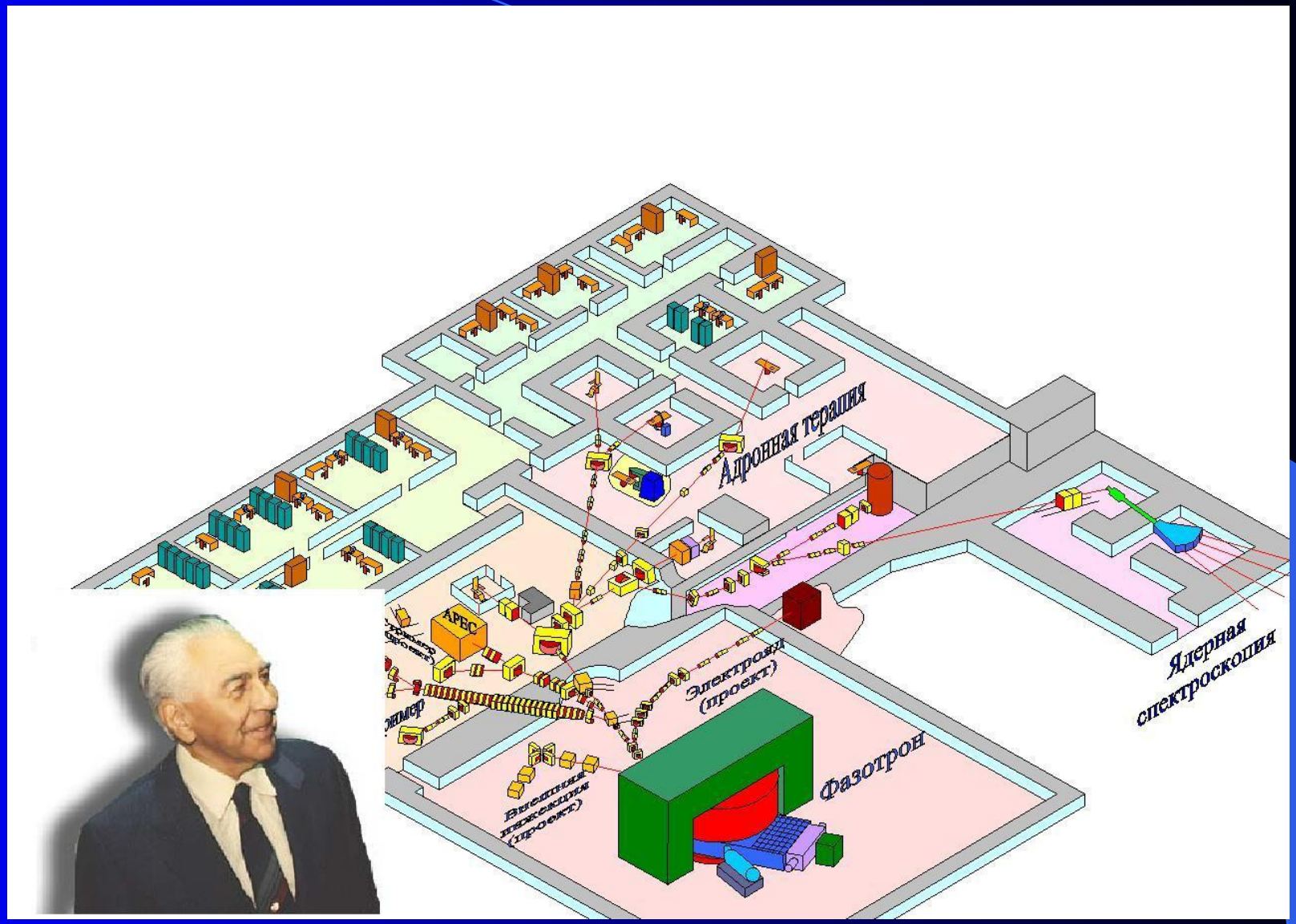
ЦЕНТР ПРОТОННОЙ ТЕРАПИИ НА БАЗЕ ФАЗОТРОНА ОИЯИ

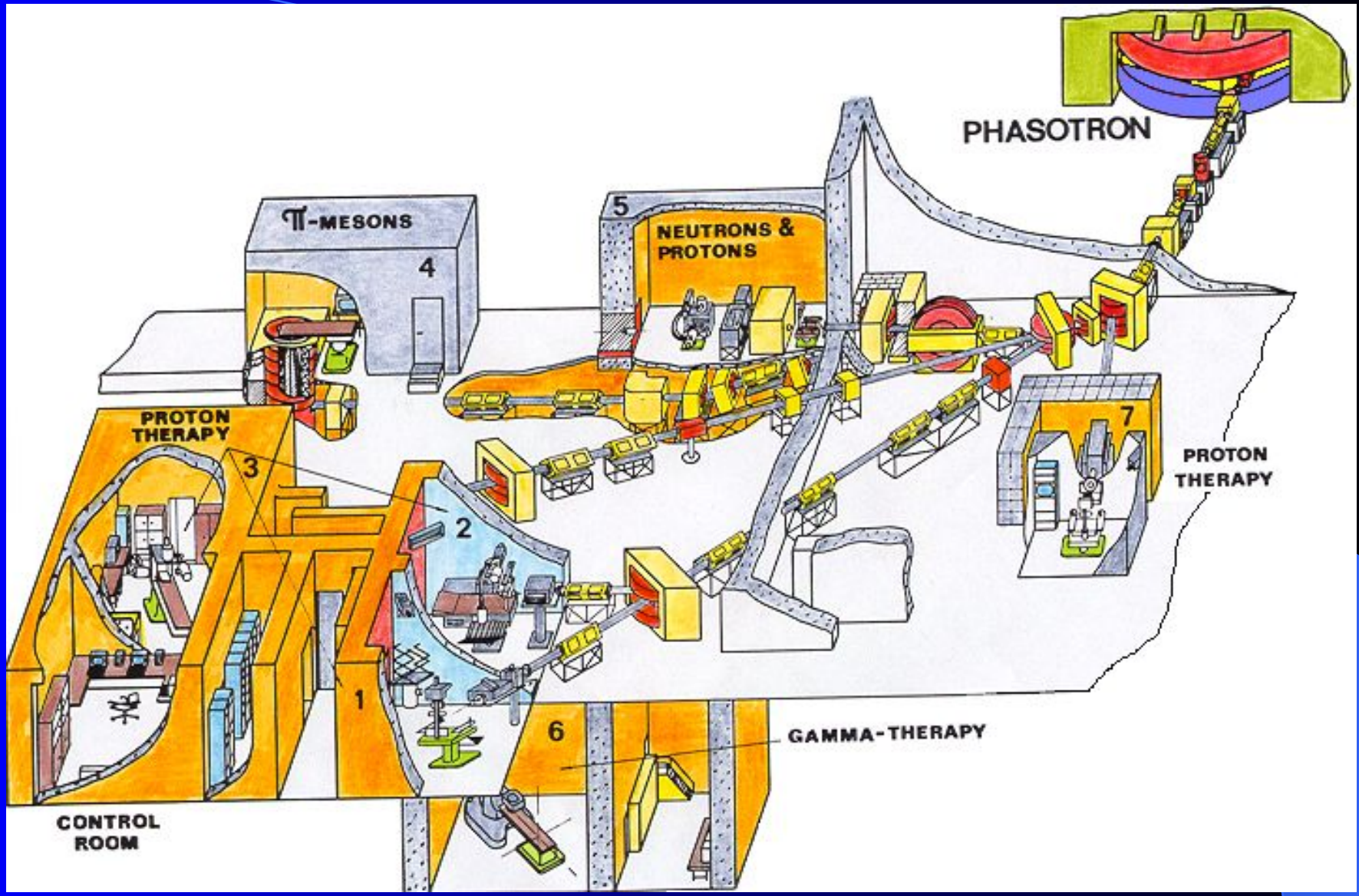
Г.В. Мицын


Адронная терапия
APEC
Электрон (проект)
Фазотрон
Ядерная спектроскопия

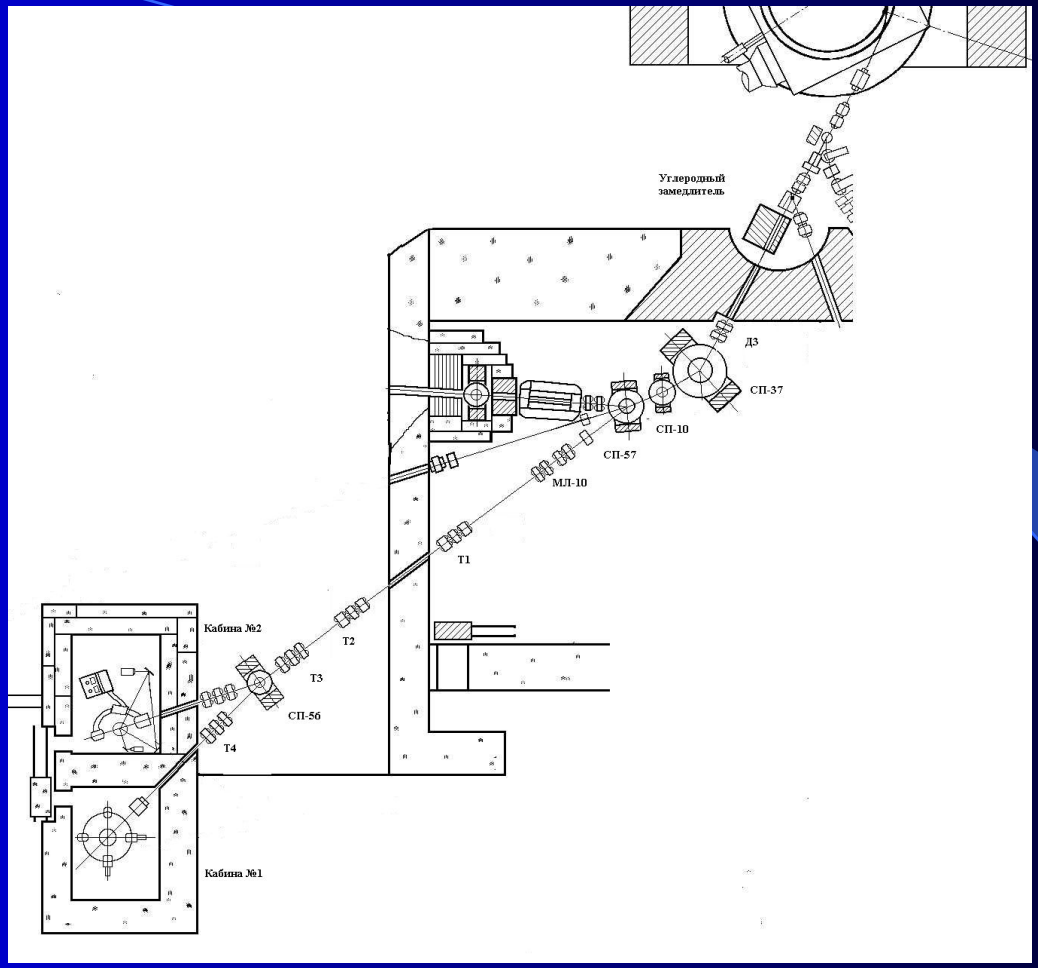
Этапы развития:

1967 – начало исследований по протонной терапии;
1968 –1974 – облучение первых 84 пациентов;
1975 –1986 – модернизация ускорителя и строительство многокабинного Медико-технического комплекса для адронной терапии;
1987-1996 – лечение 40 пациентов, в основном по поводу рака шейки матки;
1999, декабрь – открытие в Дубне специализированного радиологического стационара;
2000-2015 – лечение более 1100 пациентов с различными новообразованиями, разработка технологии объемной конформной протонной лучевой терапии.

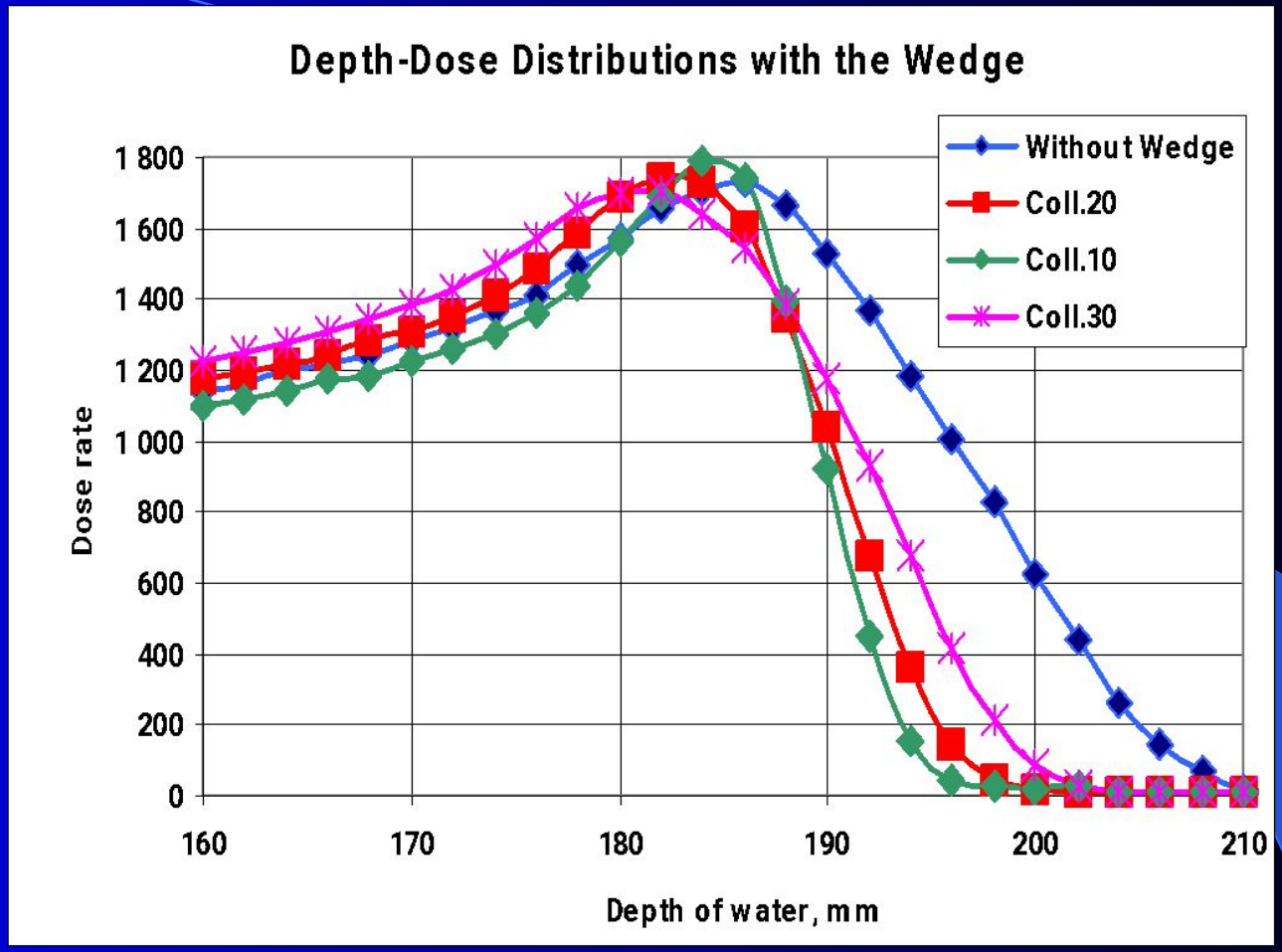
Протонный ускоритель ОИЯИ – фазотрон, энергия частиц – 660 МэВ, ток пучка – 1 мкА.



Медико-технический комплекс ЛЯП ОИЯИ для проведе-ния адронной терапии.

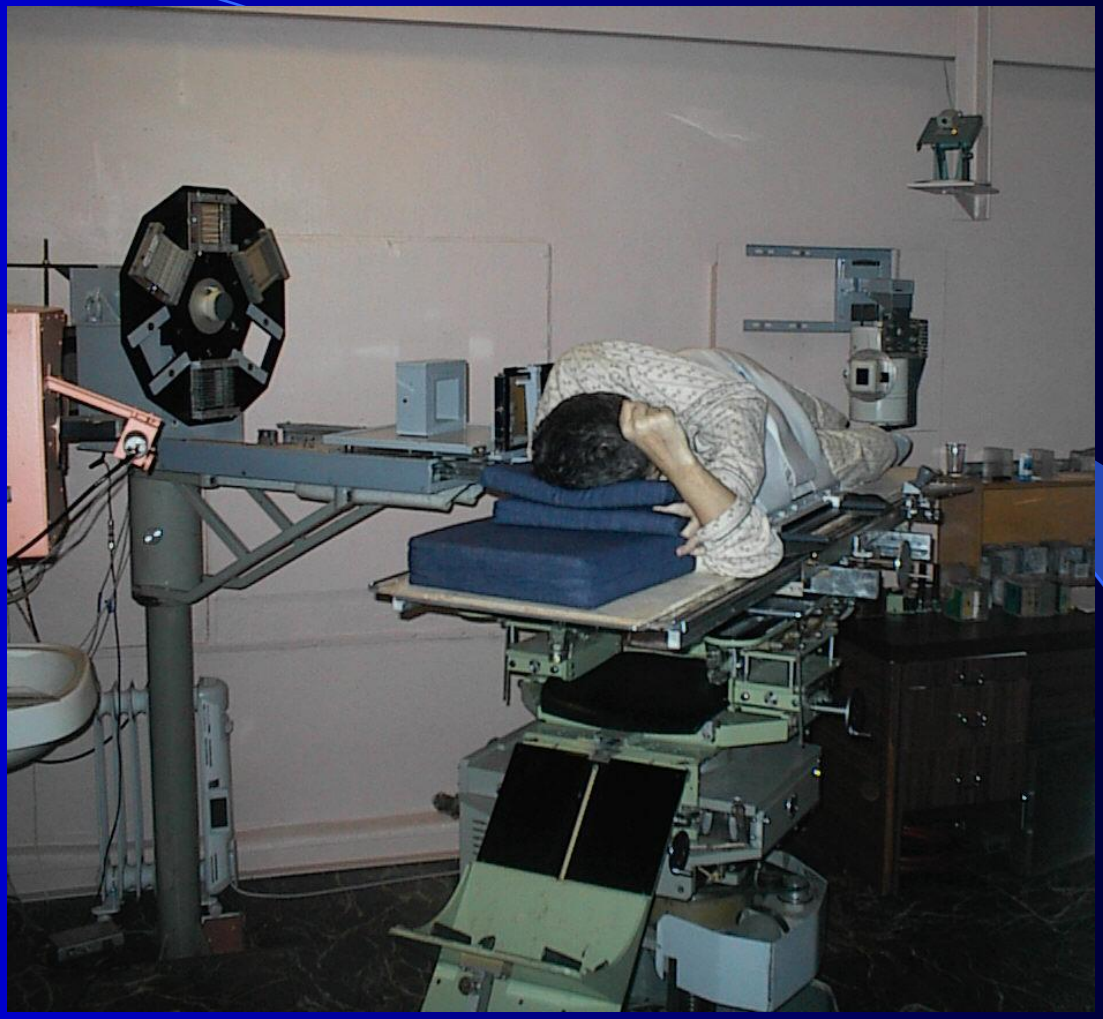


Терапевтический протонный пучок формируется замедлением выведенного пучка до энергии 150-220 МэВ с последующим его коллимированием и магнитным анализом.



Глубинно-дозные распределения протонного пучка 170 МэВ в области пика Брэгга с различными коллиматорами на выходе замедлителя.

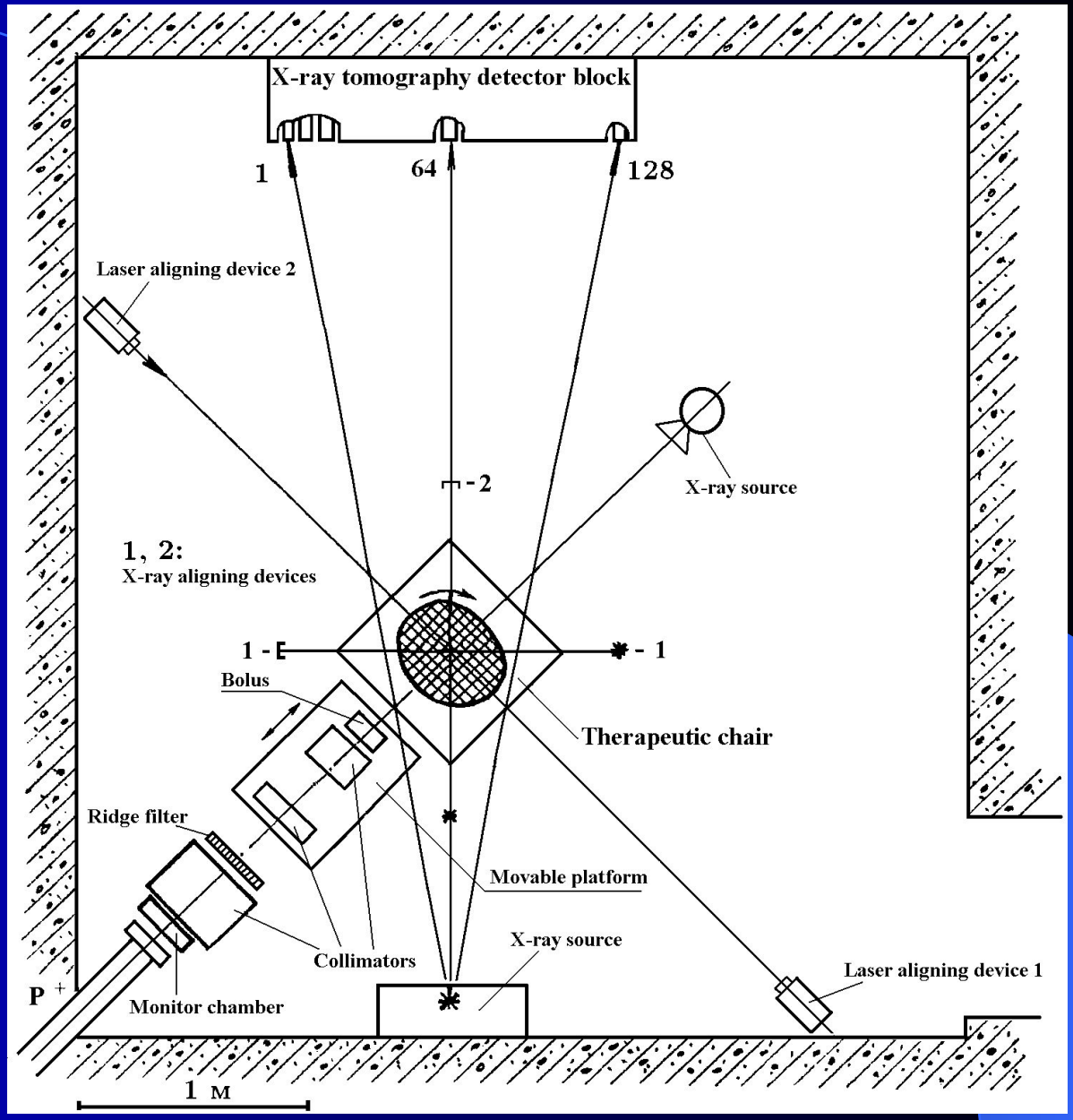
Процедурная кабина № 1 для протонной терапии различных новообразований.



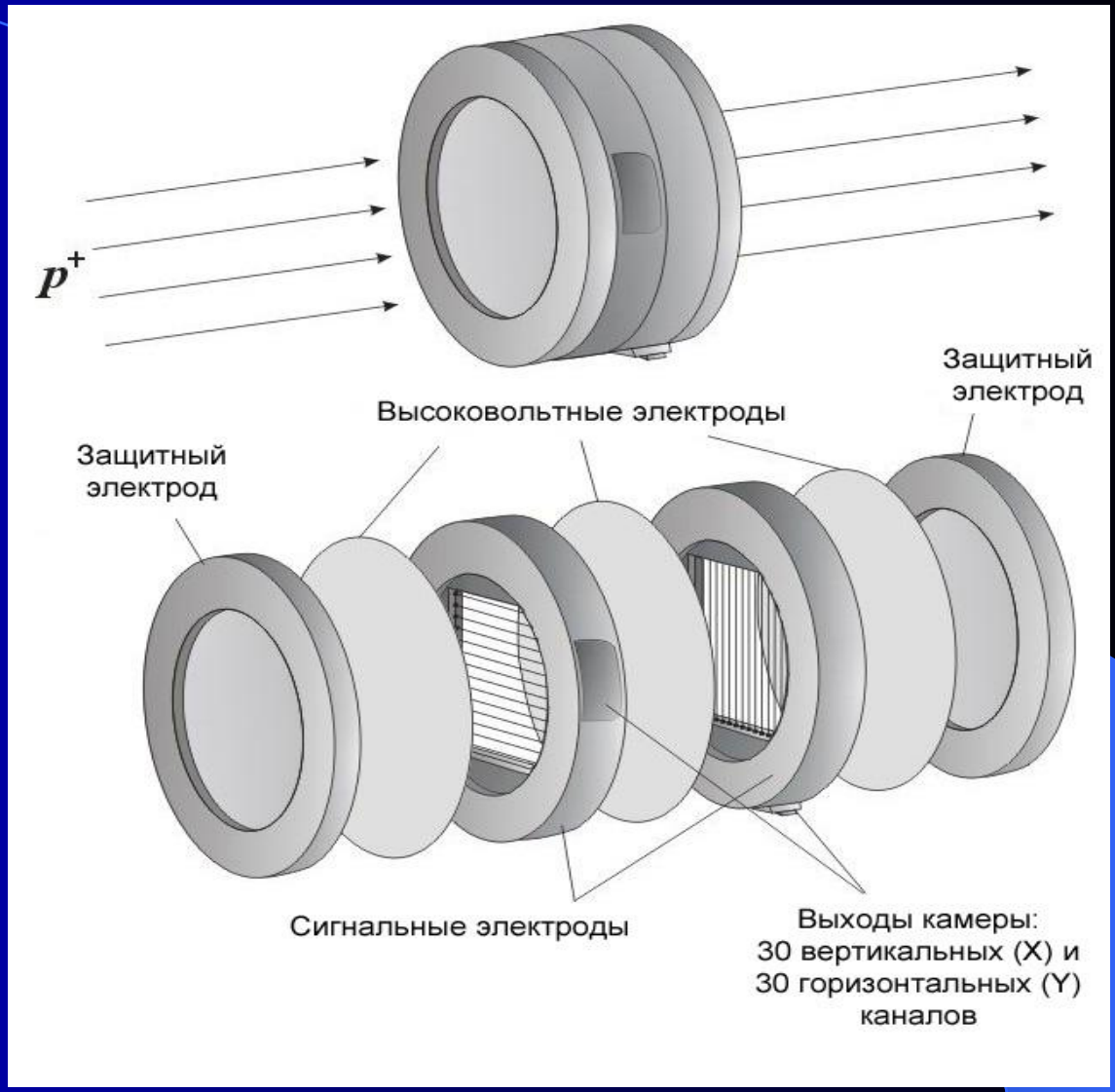
Терапевтическое кресло может трансформироваться в деку для облучения пациентов в положении лежа.

Расположение оборудования в первой процедурной кабине.

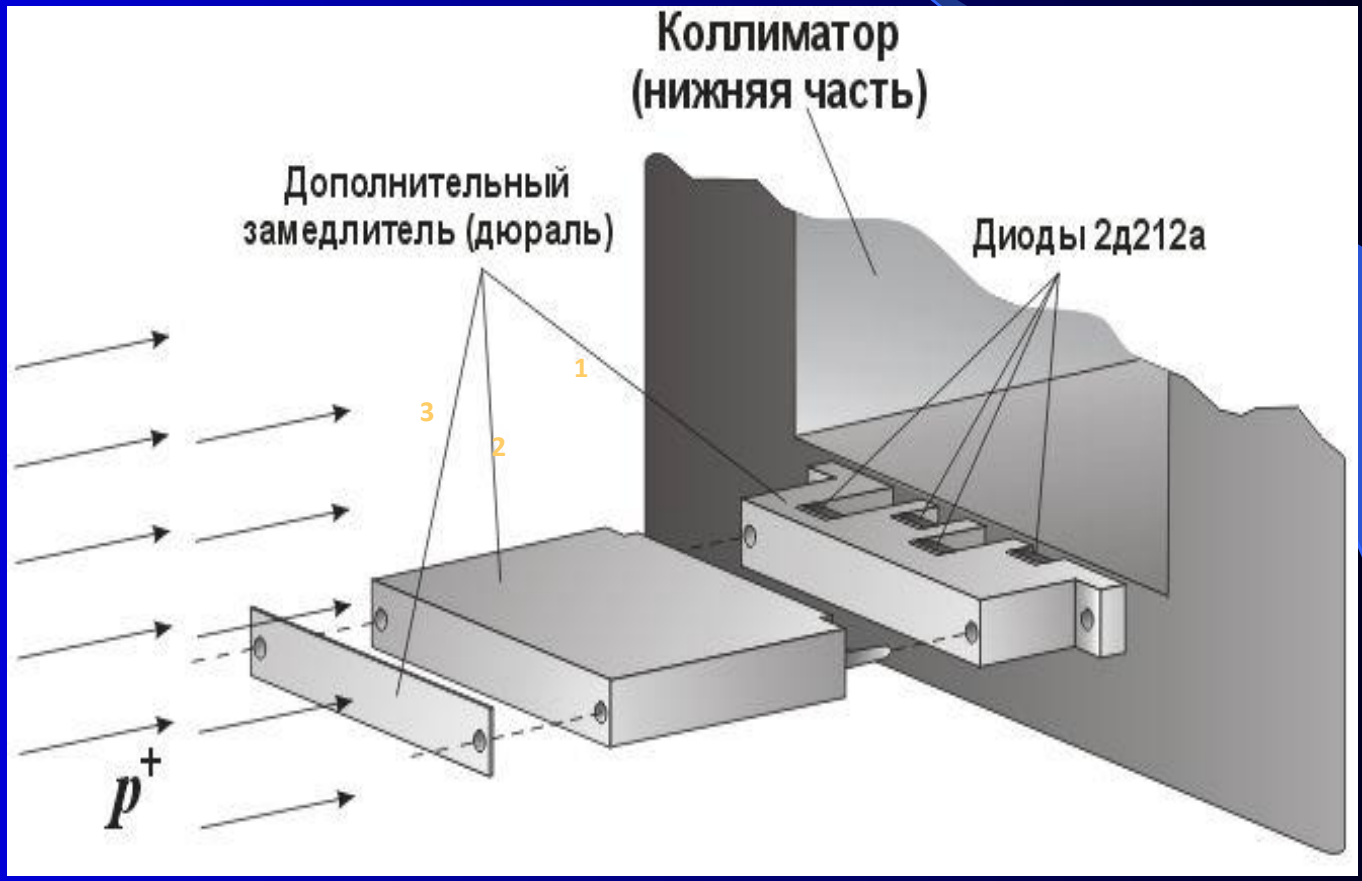
Для топометрии пациентов в положении сидя создана установка для рентгеновской компьютерной томографии, совмещенная с терапевтическим креслом.



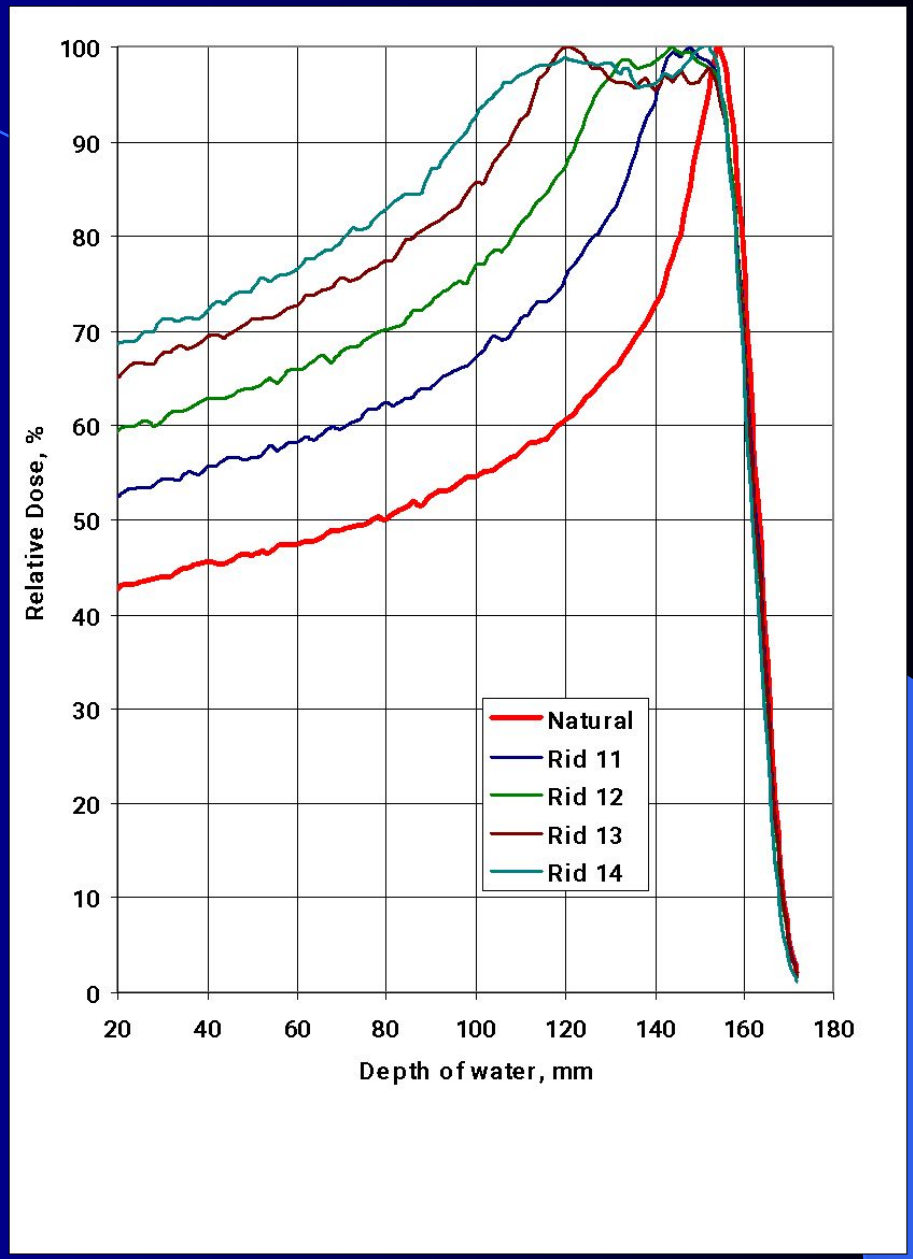
Система плоско-параллельных и многопроволочных ионизационных камер контролирует дозу, отпускаемую пациенту и горизонтальный и вертикальный профили пучка



Имеется также система контроля пробега протонного пучка, выполненная на основе четырех полупроводниковых детекторов



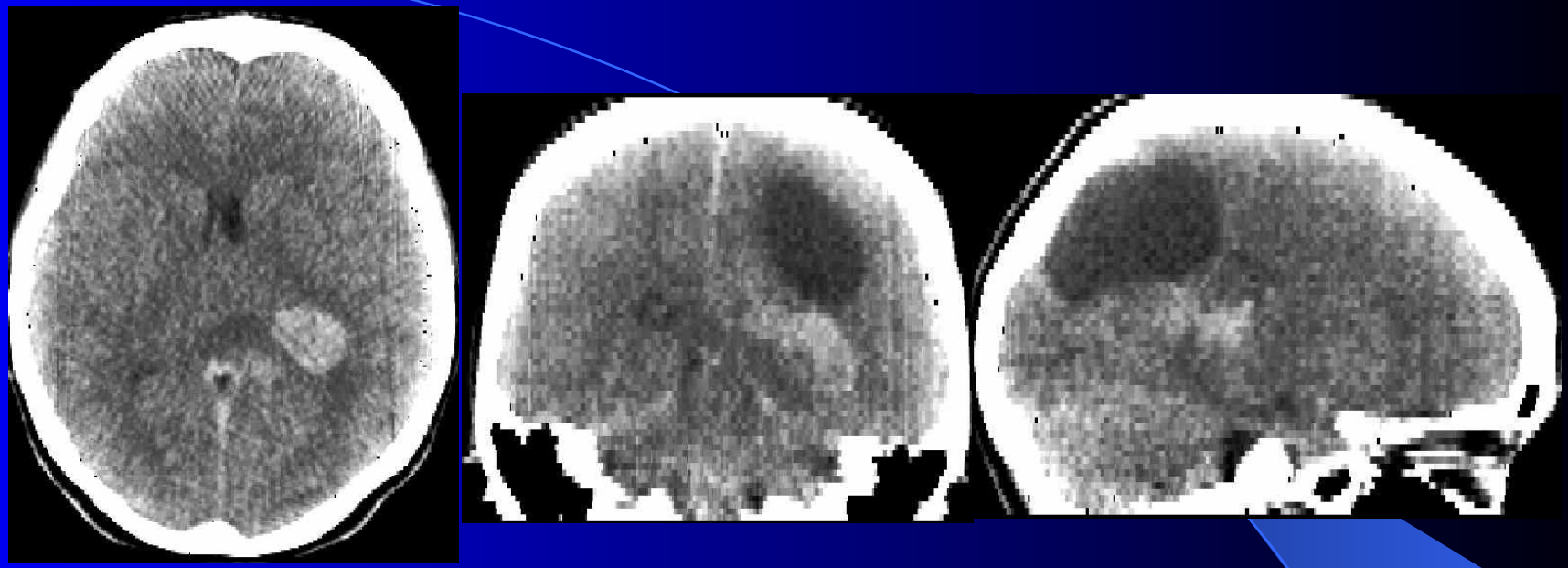
Глубинно-дозные распределения протонного пучка с различными модификаторами пика Брэгга.



Технология предлучевой подготовки и проведения конформной протонной лучевой терапии, реализованная в ЛЯП ОИЯИ

1. Изготовление индивидуального иммобилизирующего облучаемую область устройства - маски из термопластической перфорированной пластмассы.
2. Диагностические изобразительные исследования (рентгеновская компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, ангиография и др.).
3. Подготовка и перенос диагностических изображений в компьютерную систему планирования облучения.
4. Трехмерное планирование облучения.
5. Изготовление индивидуальных средств облучения больного (фигурные коллиматоры и компенсирующие болюсы).
6. Верификация и реализация плана облучения.

Изготовление фиксирующей маски



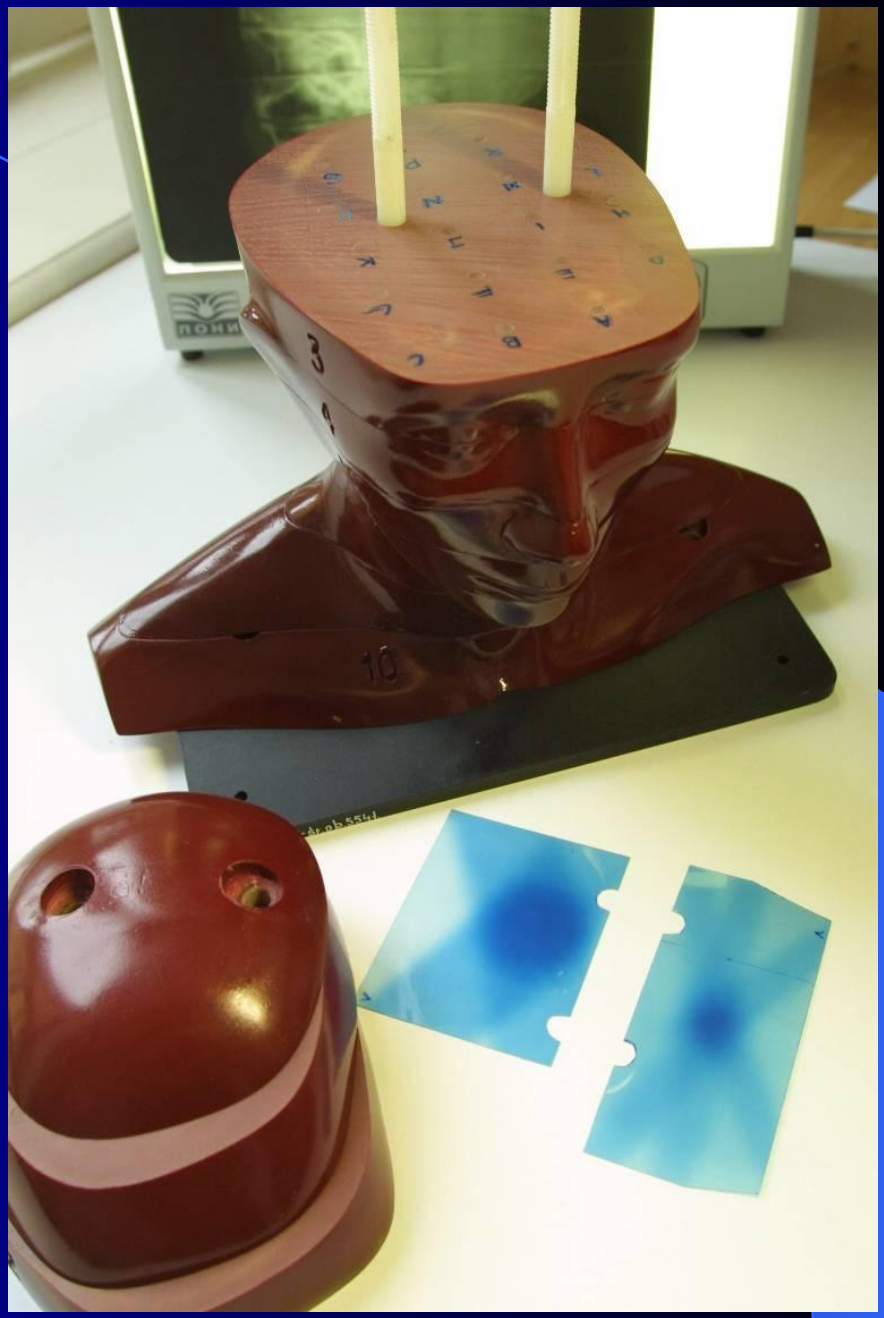
Рентгеновские исследования проводятся на спиральном компьютерном томографе уже в фиксирующей маске.
Измеряется до 250 срезов с шагом 1 мм.
Как правило дополнительно проводятся ЯМР исследования с контрастом.
Полученный трехмерный массив топометрической информации вводится в систему компьютерного планирования облучения.

Компьютерное планирование облучения.

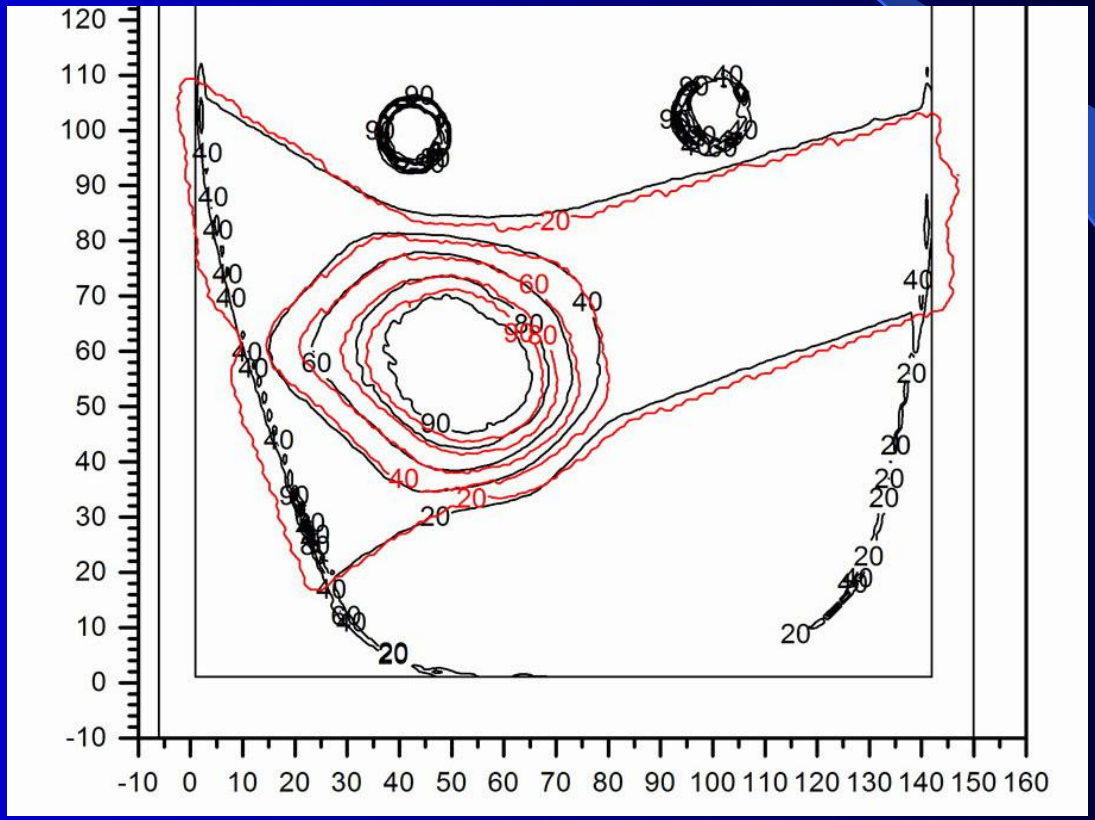
Трехмерная конформная лучевая терапия невозможна без компьютерного моделирования облучения. В результате сотрудничества с первым в мире госпитальным центром протонной терапии в г.Лома-Линда, США, разработанная в этом центре трехмерная компьютерная система планирования протонного облучения “TPN” была адаптирована к оборудованию и протонным пучкам МТК ОИЯИ.

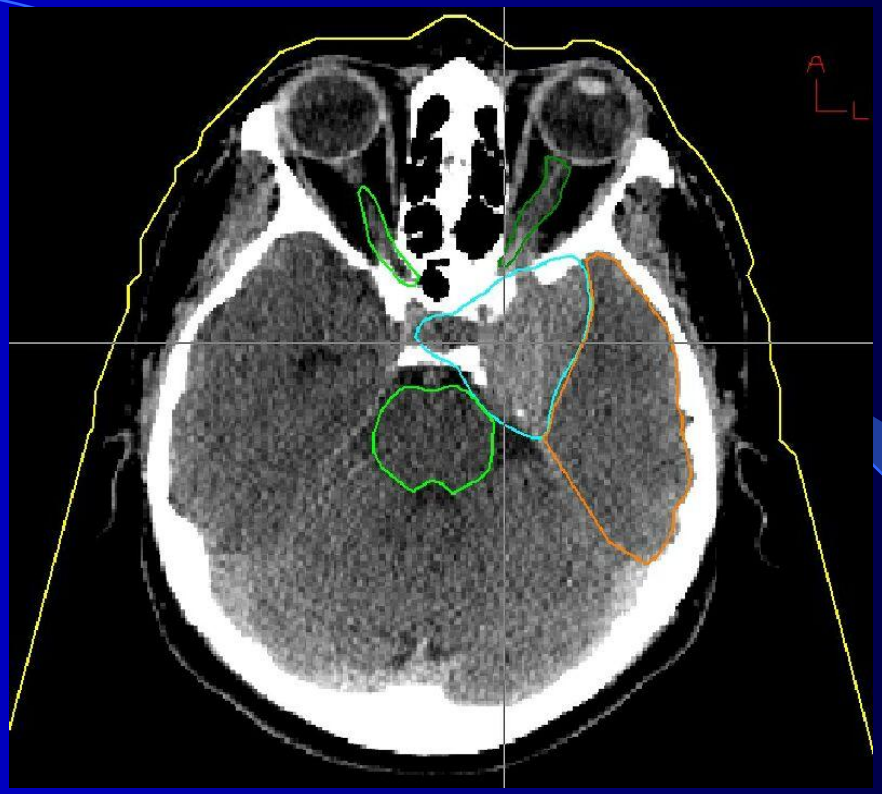
К настоящему времени в МТК в основном завершена разработка варианта собственной программы планирования конформной протонной терапии, который уже прошел дозиметрическую верификацию с использованием гетерогенного фантома Алдерсона и радиохромных пленок, и в настоящее время проводится его клиническая апробация.

Измерения с использованием радиохромных пленок и гетерогенного фантома Алдерсона позволяют протестировать весь процесс подготовки и проведения облучения пациентов по методике трехмерной конформной протонной лучевой терапии

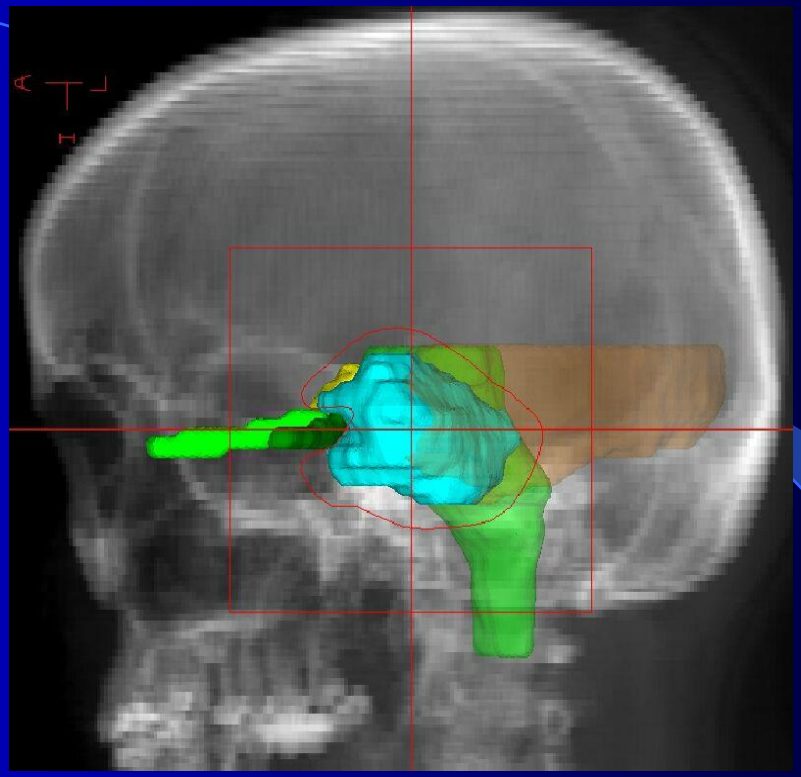


Расчетное дозное распределение при облучении «фантома Алдерсона» с трех направлений с наложенным на него распределением, измеренным с помощью радиохромной пленки.

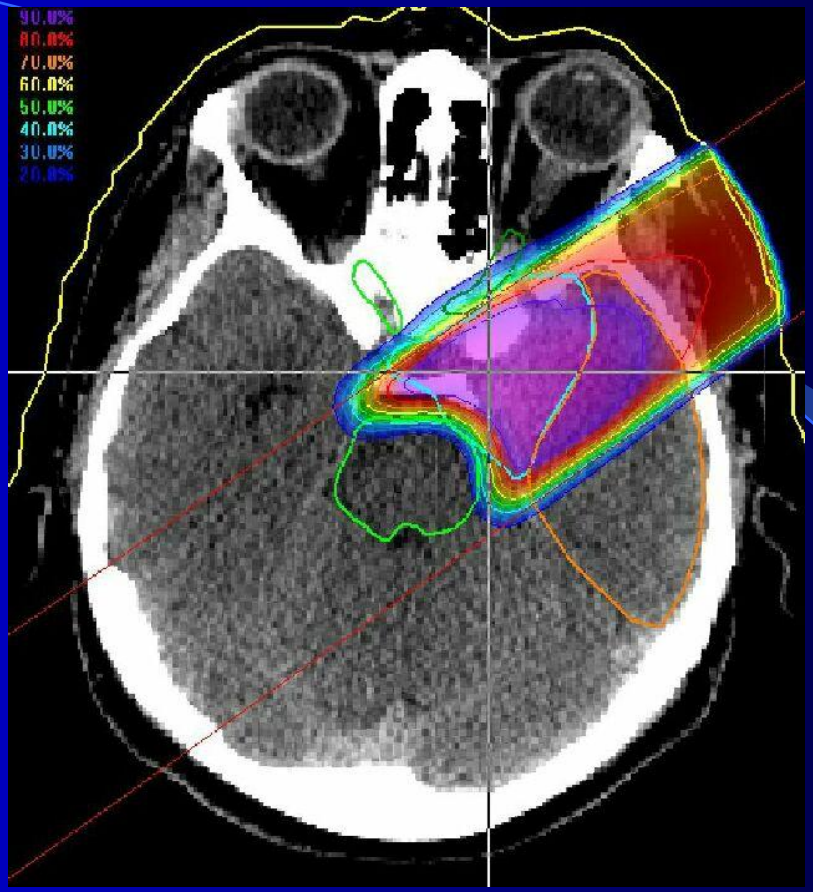




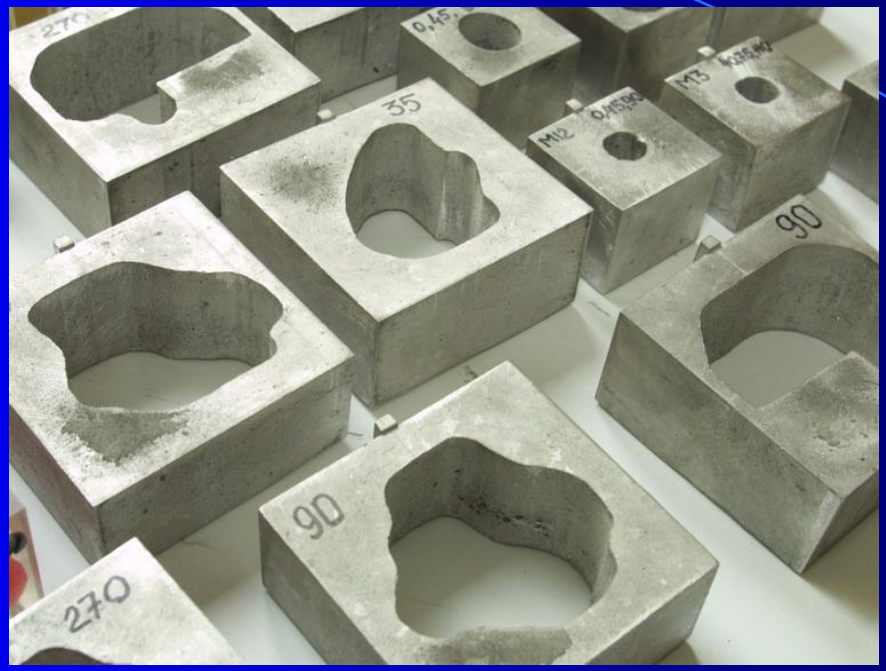
На каждом аксиальном срезе врач-радиолог очерчивает мишень облучения - в данном случае внутримозговая опухоль (голубой цвет) и критические структуры - ствол мозга, зрительные нервы и др. В результате программа планирования создает объемные образы очерченных структур.

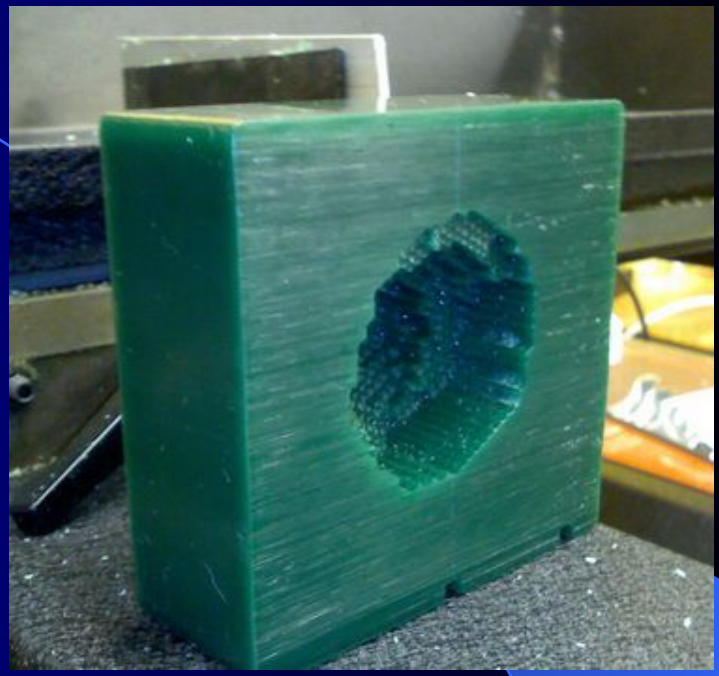


С помощью функции “beam’s-eye-view” (вид со стороны пучка) и цифровых реконструированных рентгенограмм черепа для каждого направления облучения определяется и очерчивается апертура коллиматора сложной формы, повторяющая профиль мишени в данной проекции.

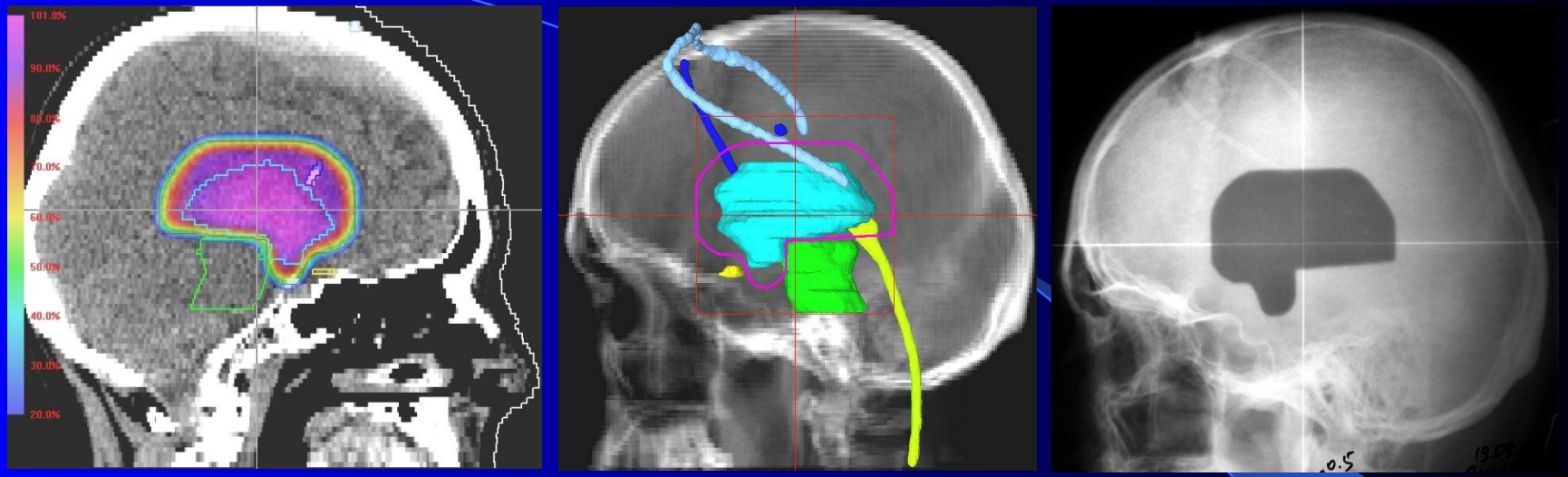


Для придания конформности протонного пучка мишени по глубине проникновения рассчитывается замедлитель сложной формы - болюс.



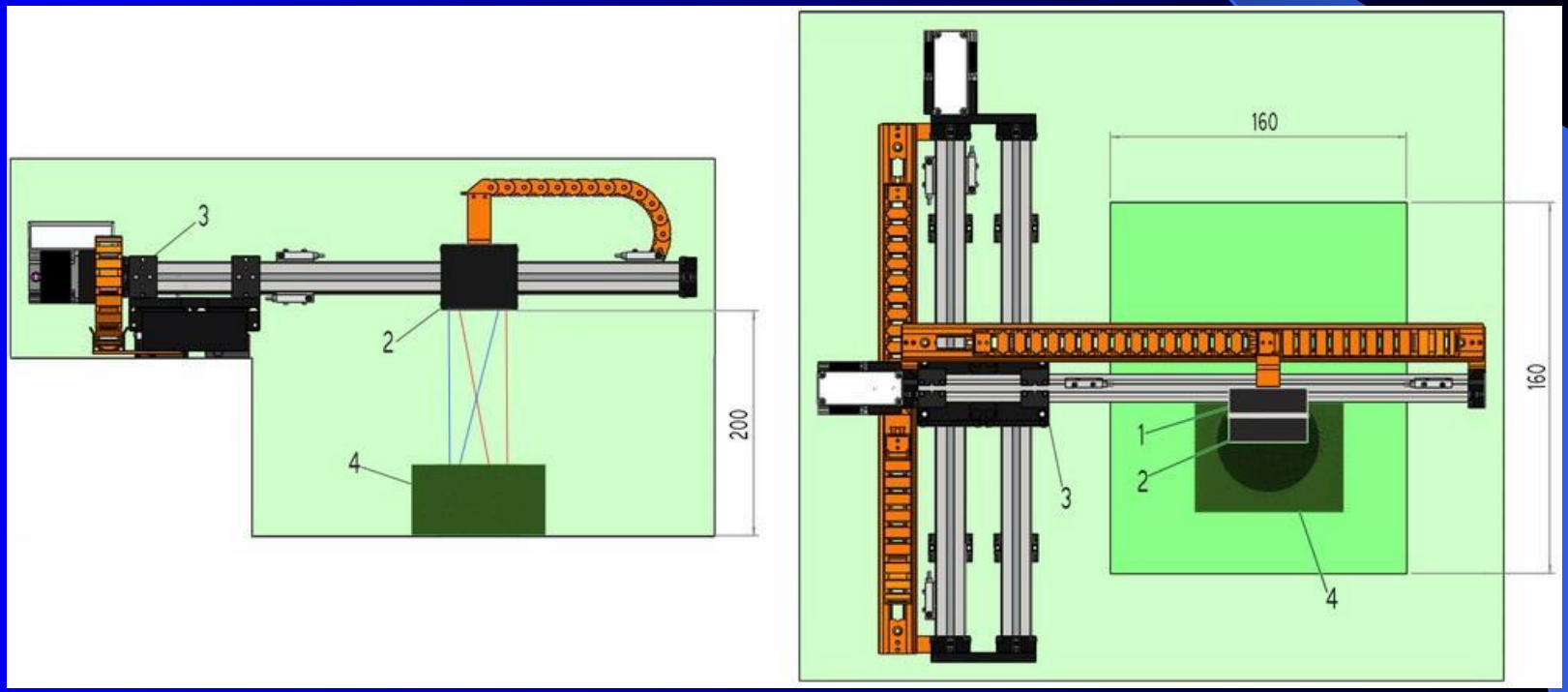


Последний этап подготовки к облучению – изготовление индивидуальных коллиматоров и болюсов в мастерских МТК

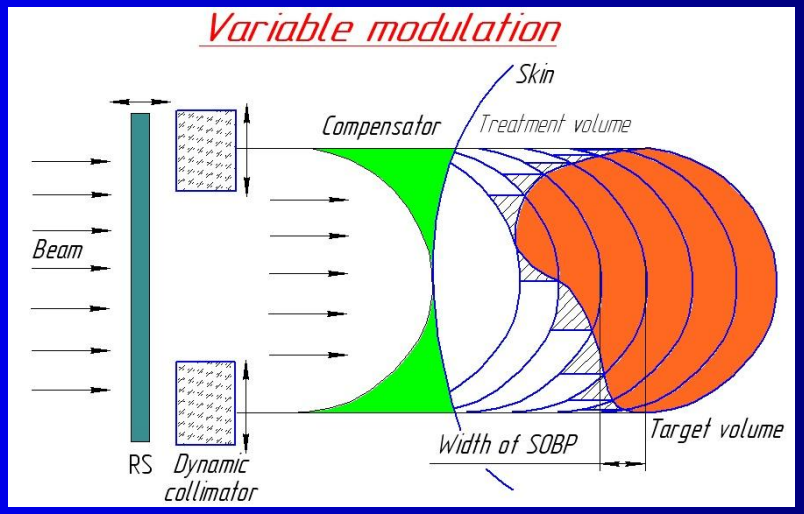


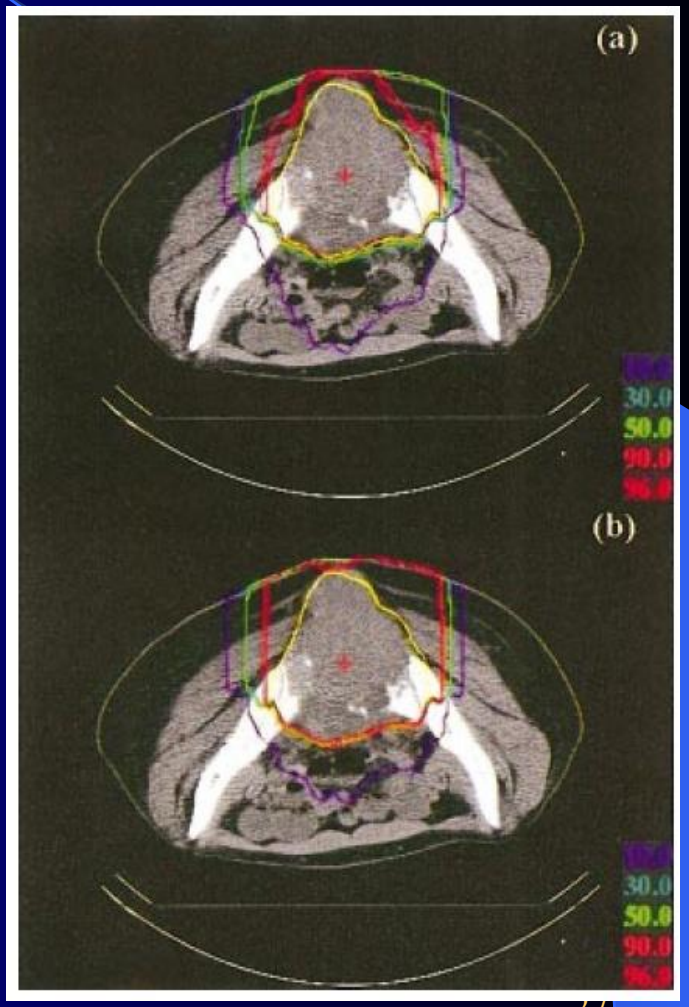
Верификация плана протонного облучения:
слева - расчет дозного распределения в сагиттальной плоскости;
в центре - цифровая рентгенограмма черепа с направления облучения с проекцией мишени и апертуры коллиматора;
справа - рентгенограмма черепа, сделанная непосредственно перед облучением с одновременной засветкой протонным пучком низкой интенсивности. Положение пучка относительно костных структур-ориентиров и его форма точно соответствуют плану облучения.

Разработана и реализована система для верификации изготавливаемых болюсов, состоящая из двух оптических датчиков расстояния, двухкоординатной системы перемещения датчиков относительно неподвижно закрепленного исследуемого болюса и компьютера со специализированным разработанным программным обеспечением

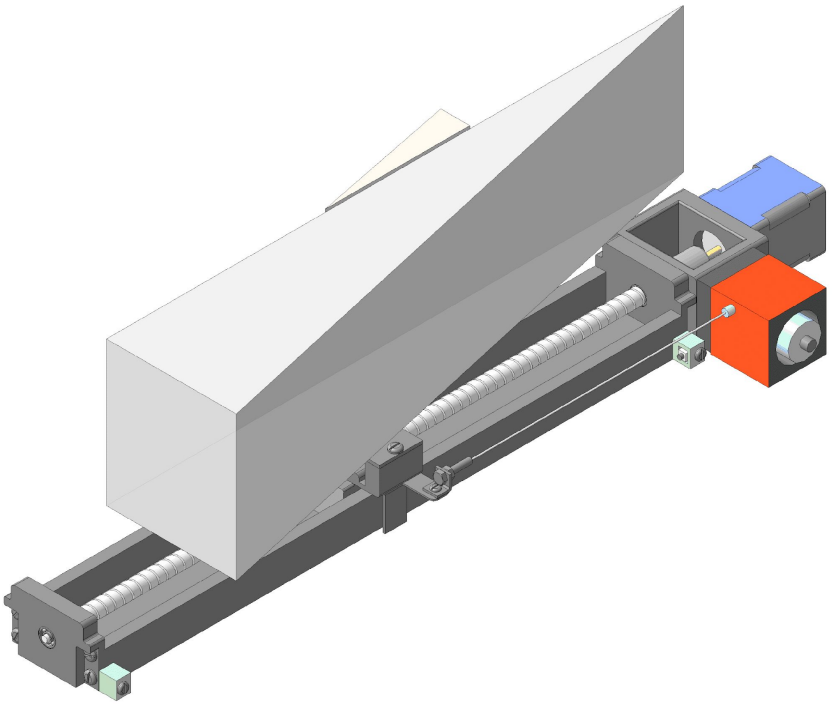


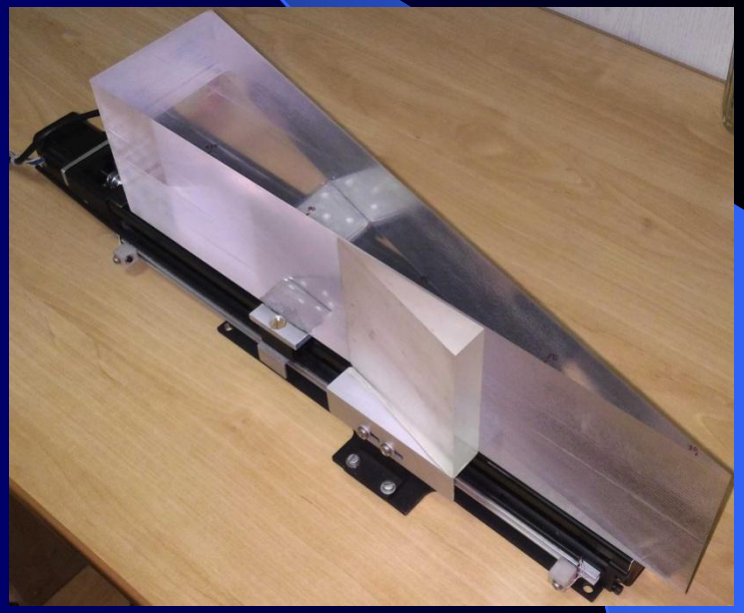
Для повышения конформности терапии разрабатывается методика послойного динамического облучения мишеней широким протонным пучком



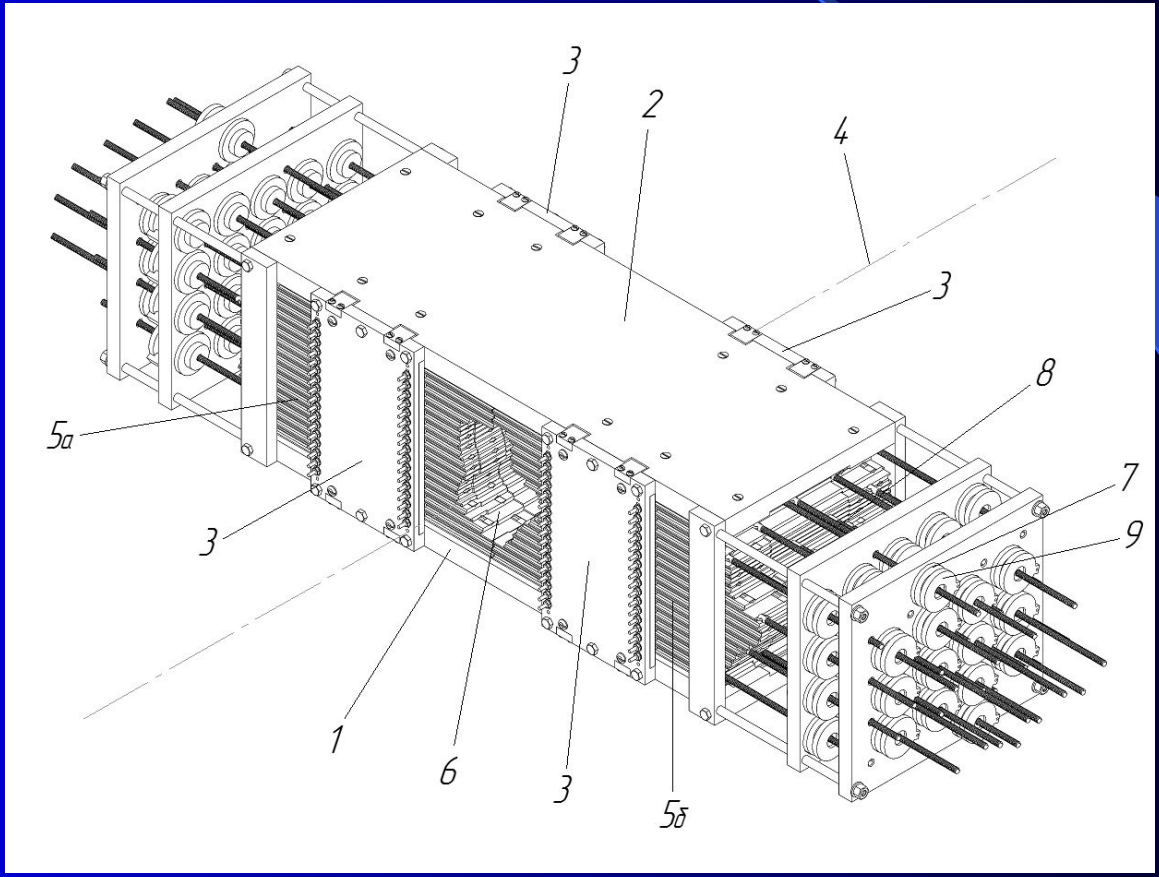


Для реализации этой методики разработан и создан автоматизированный замедлитель переменной толщины в диапазоне от 25 мм до 112 мм воды





Также разработан и изготовлен макет автоматизированного многолепесткового коллиматора протонного пучка на 4 пары пластин,



http://mtk.jinr.ru