



ЛАБОРАТОРИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

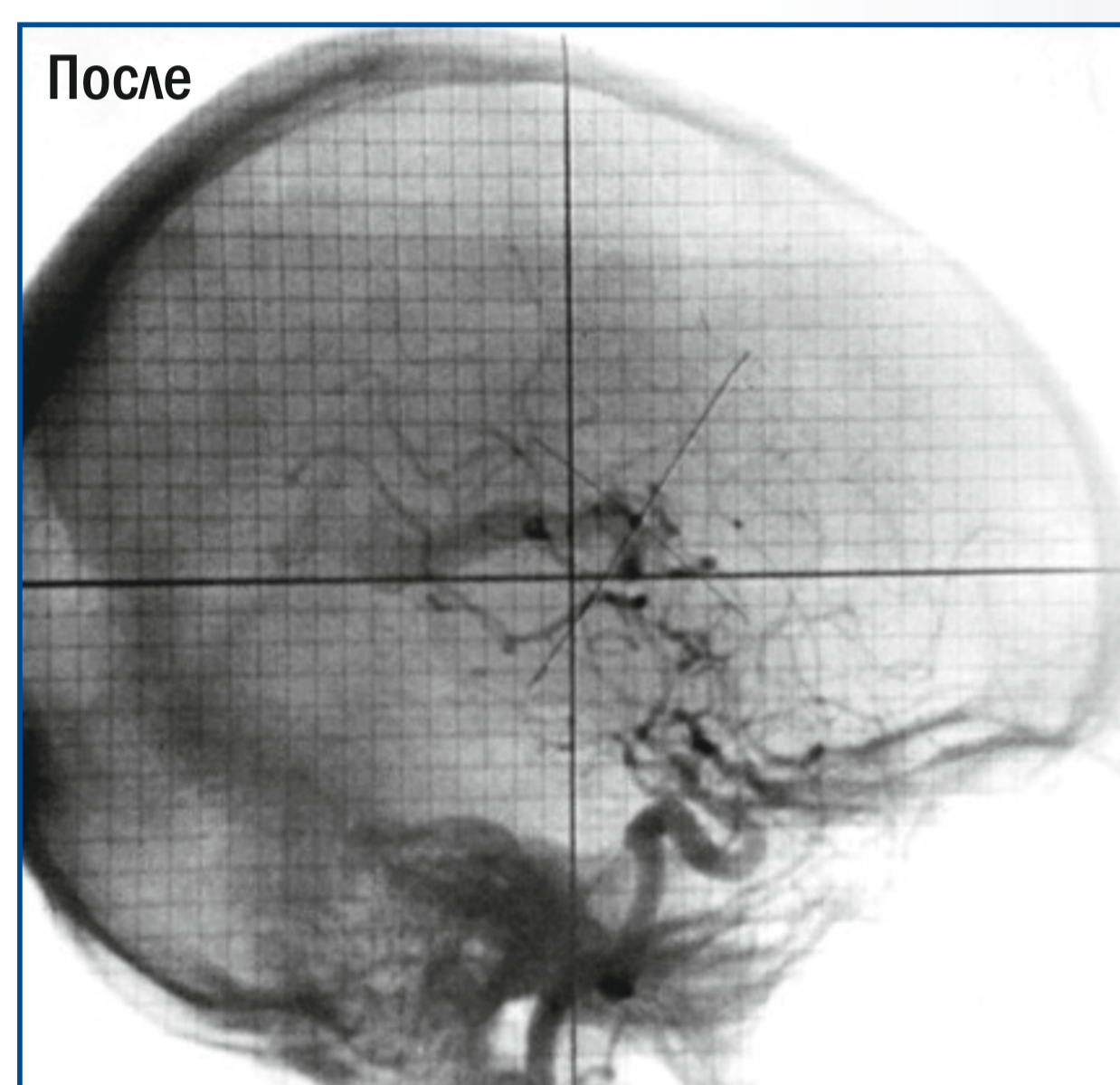
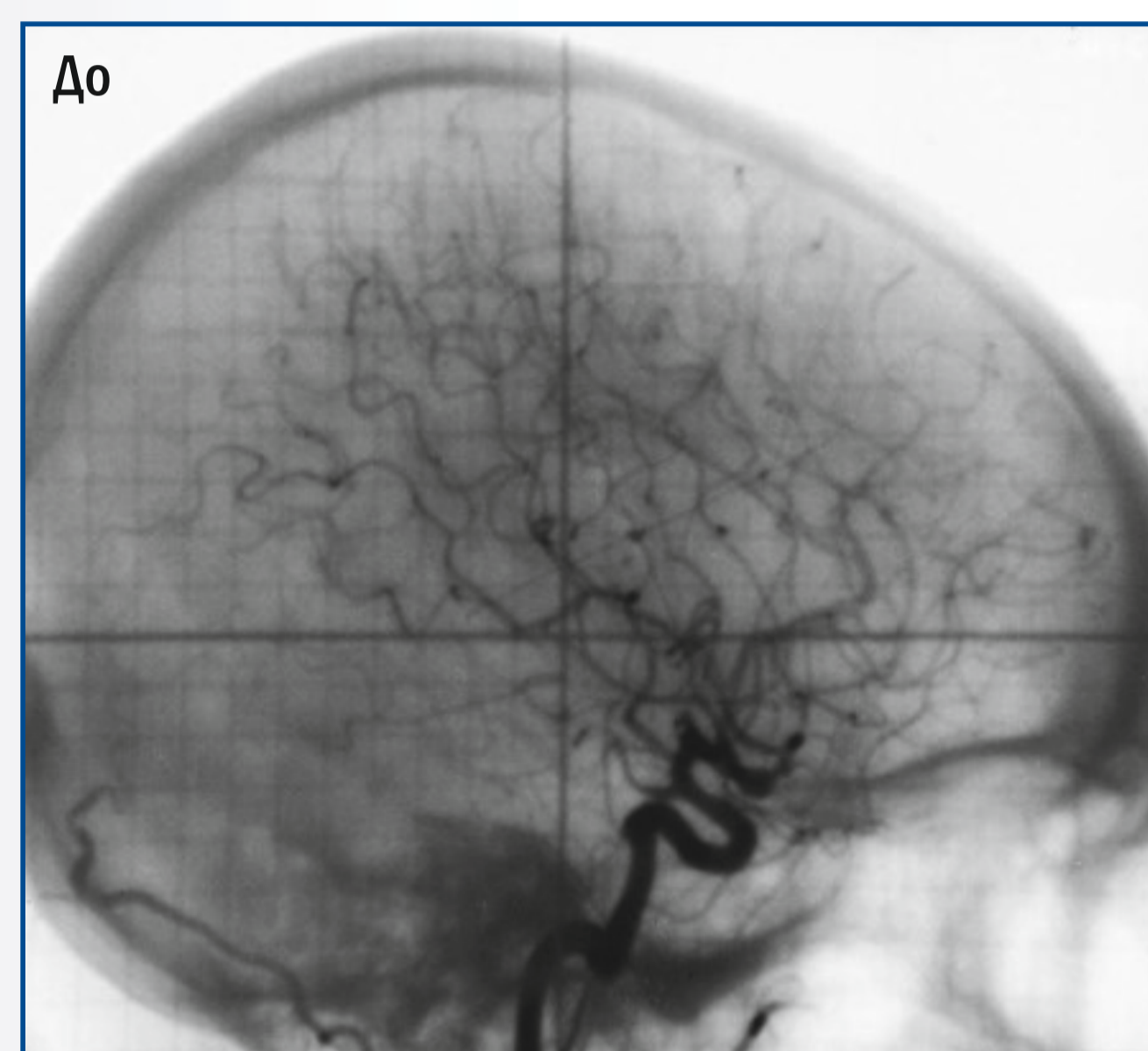
Лаборатория медицинской физики была основана 24 декабря 2019 г. История лаборатории корнями уходит в 1960 г., когда вышло постановление об образовании при филиале Физико-технического института им. А. Ф. Иоффе АН СССР в Гатчине подразделения Центрального научно-исследовательского рентгенорадиологического института Минздрава СССР (ЦНИРРИ) для проведения исследований возможности применения синхротронного ускорителя СЦ-1000 в медицине. В 1961 г. были начаты проектные и строительные работы. К 1966 г. к зданию ускорителя был пристроен медико-биологический корпус и в апреле создан медико-биологический отдел. Так, между Институтом и ЦНИРРИ (ныне – РНЦРХТ) было положено начало развитию научного сотрудничества в области медицинской радиологии.

Проект был рассчитан на применение протонов с энергией 200 МэВ. В 1970 г. были проведены первые испытания, по результатам которых параметры выведенного пучка не подходили для стандартной протонной терапии. В ноябре 1971 г. были проведены исследования о целесообразности применения пучка протонов с энергией 1 000 МэВ в клинических целях. В 1973 г. был создан медицинский протонный комплекс (МПК) с УПСТ – установкой для осуществления стереотаксической протонной терапии (радиохирургии) и организовано Отделение протонной терапии ЦНИРРИ. Тогда же начали проводить доклинические исследования по ключевым дозиметрическим и радиобиологическим характеристикам.

Решение об использовании разработанного оборудования, технологий и сформированного пучка было принято в 1974 г. Первый пациент был пролечен 17 апреля 1975 г. После проведения модификации протонного тракта Комитет по новой медицинской технике Минздрава СССР в марте 1980 г. дал разрешение на проведение клинических испытаний методов лечения с помощью пучка протонов высоких энергий. Впервые в СССР стали проводить протонную терапию неоперабельных артериовенозных мальформаций головного мозга (АВМ), эндокринной офтальмопатии и диабетической ретинопатии. В мае 2013 г. протонная терапия была приостановлена.



Укладка пациента
Слева Д. А. Кармин, к. б. н., в. н. с.,
заведующий группой протонной терапии с 2014 по 2018 г.
Справа М. В. Жидков,
ведущий инженер-конструктор (механик)



Клинический случай

Пациентка Л., 1974 г. р., АВМ левой височной доли, объем клубка составлял 15 см³. Облучение сосуда проводилось протонным пучком размером 10 × 10 мм². Объем поля при 50 %-ной изодозе – 1,4 см³ (что составило 8 % объема клубка АВМ). В максимуме дозного поля однократно подведенная доза протонного излучения – 40 Гр. Через 3 года после протонной терапии патологический клубок сосудов не был обнаружен

Согласно данным о **результатах протонной терапии** с апреля 1975 по май 2013 г. было пролечено 1 394 пациента (что составило 2 % от общемирового количества). Клиническая ремиссия отмечена в 85 % случаев; необходимость в повторном сеансе облучения возникла только в 151 случае. На протяжении 5–23 лет клинического наблюдения за пролеченными пациентами ни у одного из них не были выявлены радиационные повреждения после проведения курса протонной терапии с энергией 1 000 МэВ.

Статистика по результатам протонной терапии

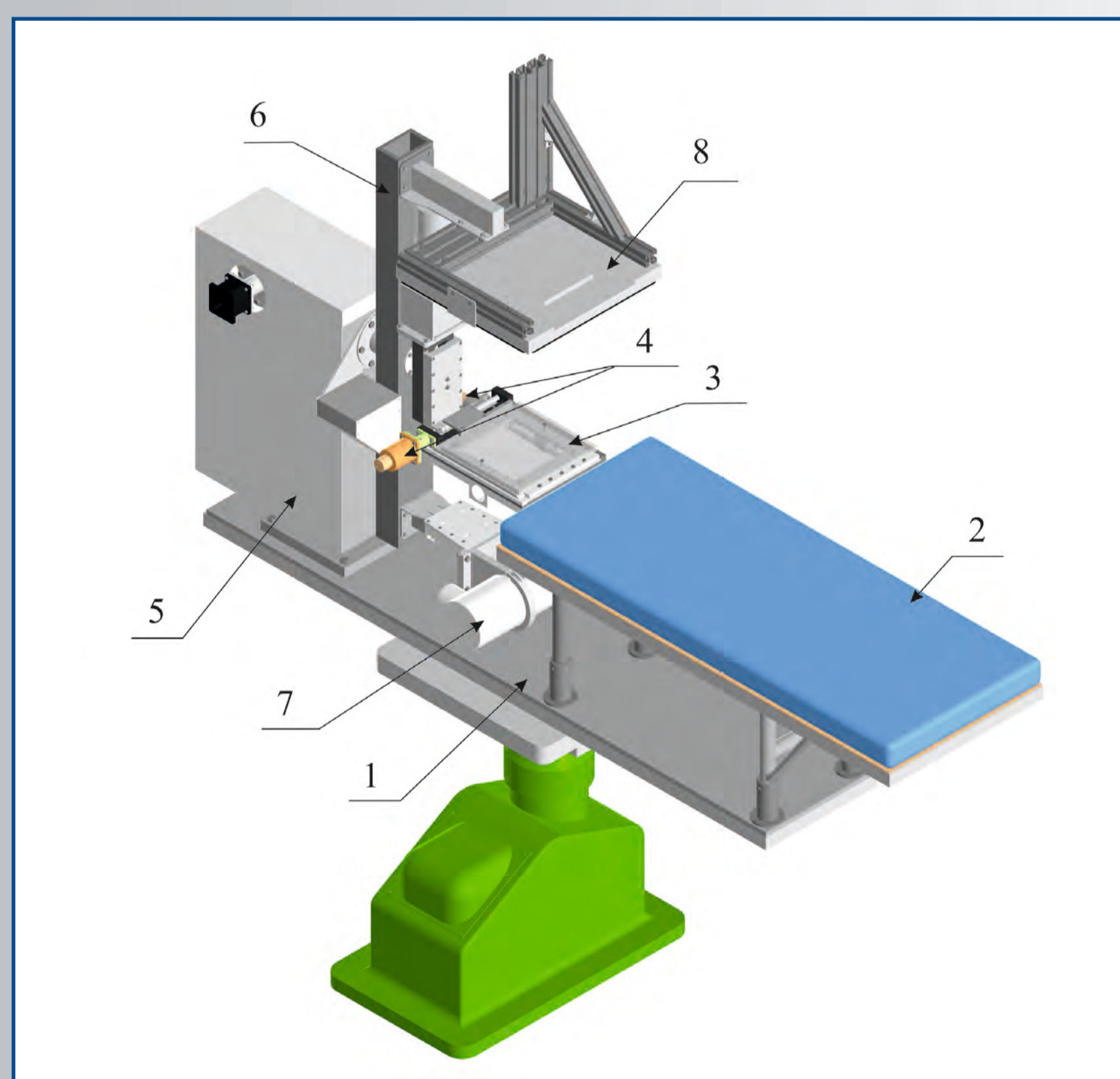
Артериовенозные мальформации	530
Аденомы гипофиза	488
Рак предстательной железы*	195
Рак молочной железы*	125
Прочие	56

* – купирование болевого синдрома

ОСОБЕННОСТИ ПРОТОННОЙ ТЕРАПИИ: «ГАТЧИНСКИЙ МЕТОД»

Особенности протонной терапии заключаются в том, что проводится однократный сеанс (стереотаксическая радиохирургия), при этом энергия протонов фиксирована и доза излучения подводится без фракционирования; возможно многоступенчатое облучение. Распределения поглощенной дозы имеют высокие краевые градиенты: на близлежащие к зоне облучения здоровые структуры дозовая нагрузка минимальна, а на патологический очаг – максимальна. Стереотаксическая протонная терапия эффективна при лечении глубокозалегающих внутри головы патологических очагов. Лечение не приводит к жизненно опасным или ведущим к инвалидности осложнениям. Терапевтический эффект протонной терапии передней трети гипофиза реализуется через 6–12 месяцев, благодаря чему организм плавно адаптируется к изменениям гормонального фона, а также сохраняется детородная функция.

Пучок протонов неподвижный, горизонтально направленный. Метод формирования – магнитно-оптический. В зависимости от мишени и в соответствии с клиническим планом лечения размеры пучка по ширине на уровне половины высоты (FWHM) устанавливаются от 5 до 10 мм. Протоны не останавливаются в теле пациента (пик Брэгга не используется), а проходят насквозь (метод «напролет»). Установка совершает двухосевую ротацию вокруг радиологического изоцентра (маятниковое облучение), через который проходит центральная ось протонного пучка. Изоцентр находится в центре координат УПСТ и является опорной точкой в пространстве, в которую при укладке пациента располагают патологический очаг. Процесс облучения, заданный протоколом дозиметрического планирования, проходит в автоматическом режиме.



Установка для проведения стереотаксической протонной терапии:
1 – лечебный стол (ЛС); 2 – дека ЛС; 3 – прибор – фиксатор головы (ПФГ);
4 – приводы перемещения ПФГ по осям X и Y; 5 – стойка привода ПФГ;
6 – коромысло для вращения рентгеновского центра; 7 – рентгеновская трубка; 8 – детектор рентгеновского излучения

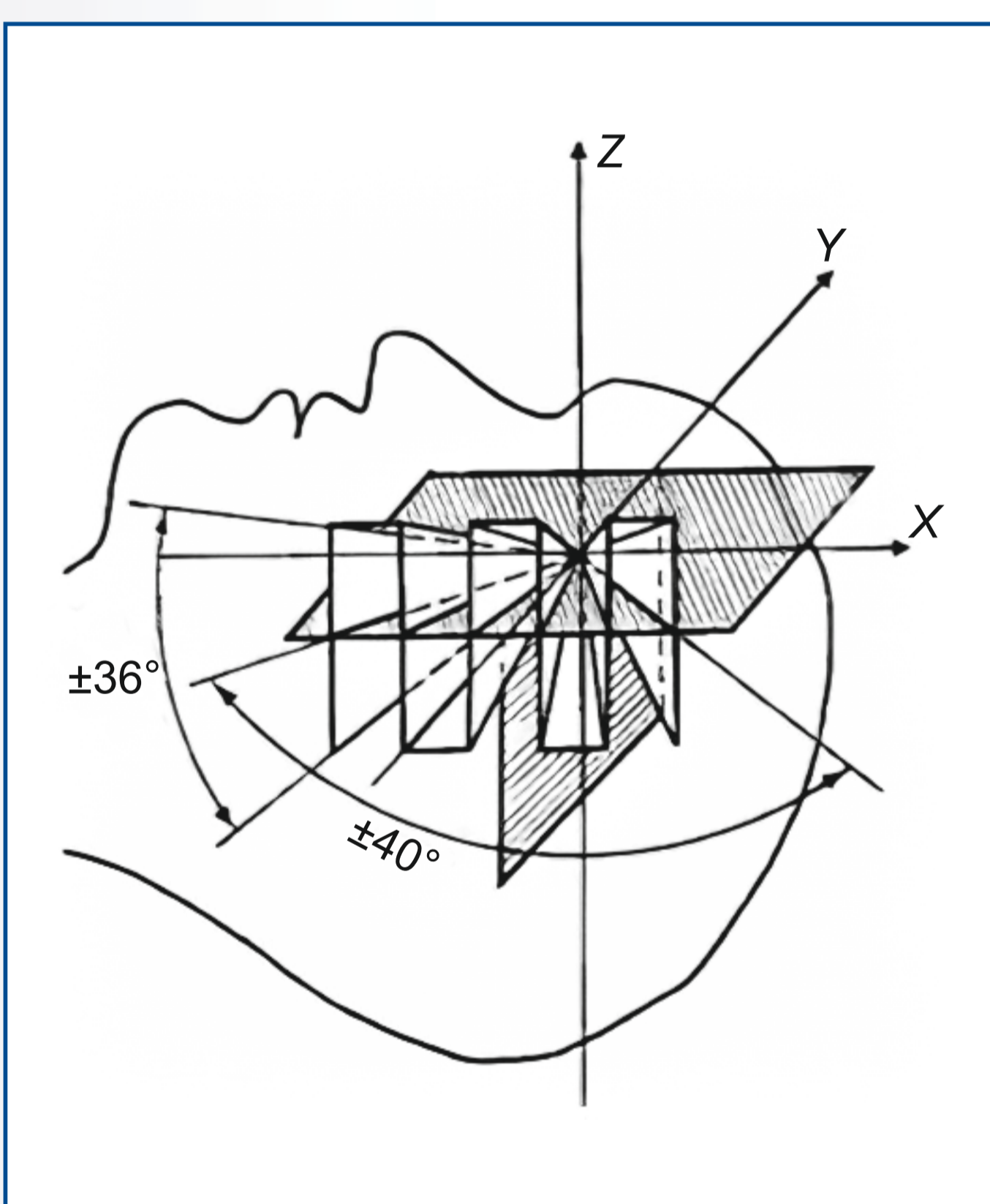
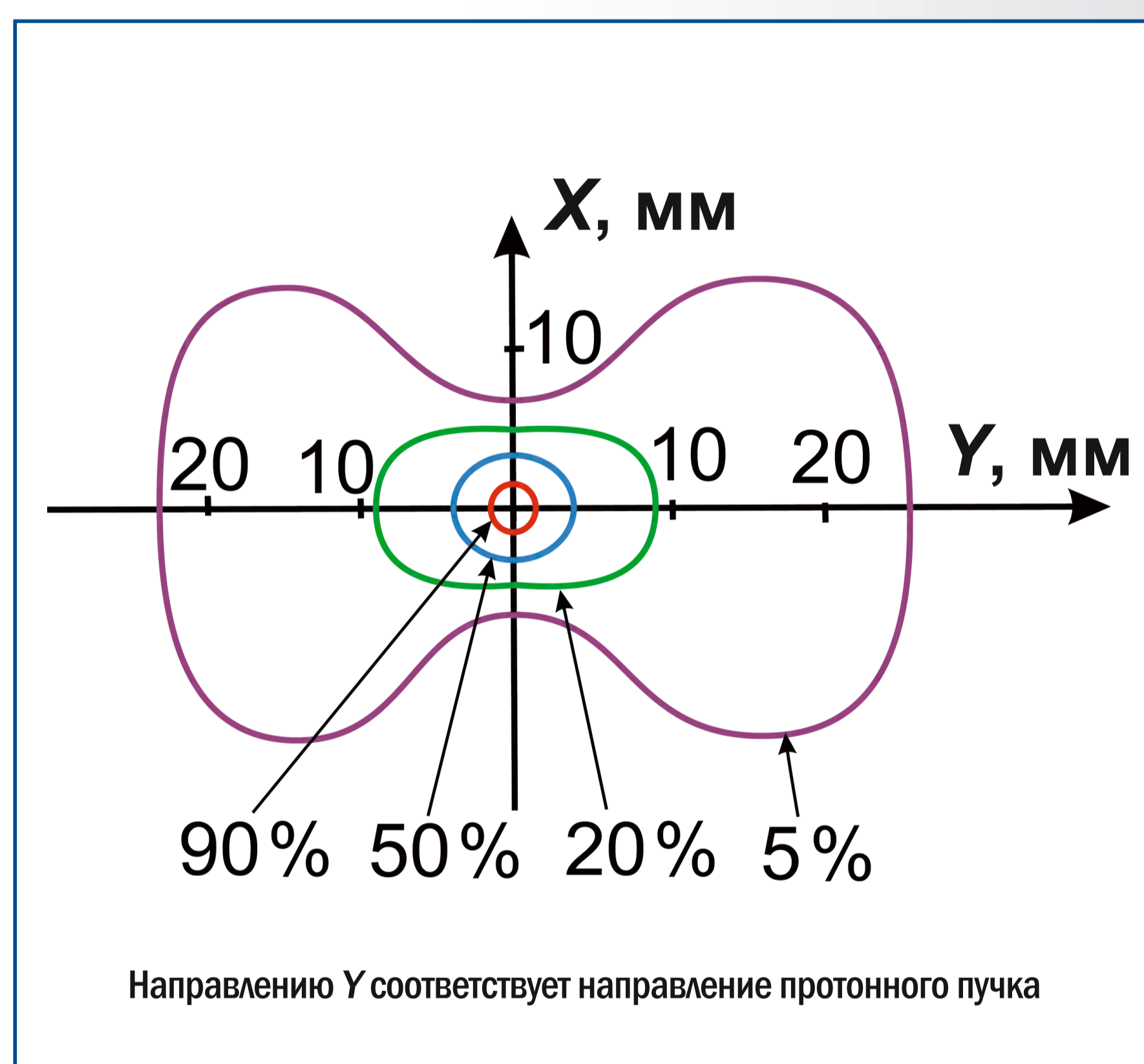


Схема облучения

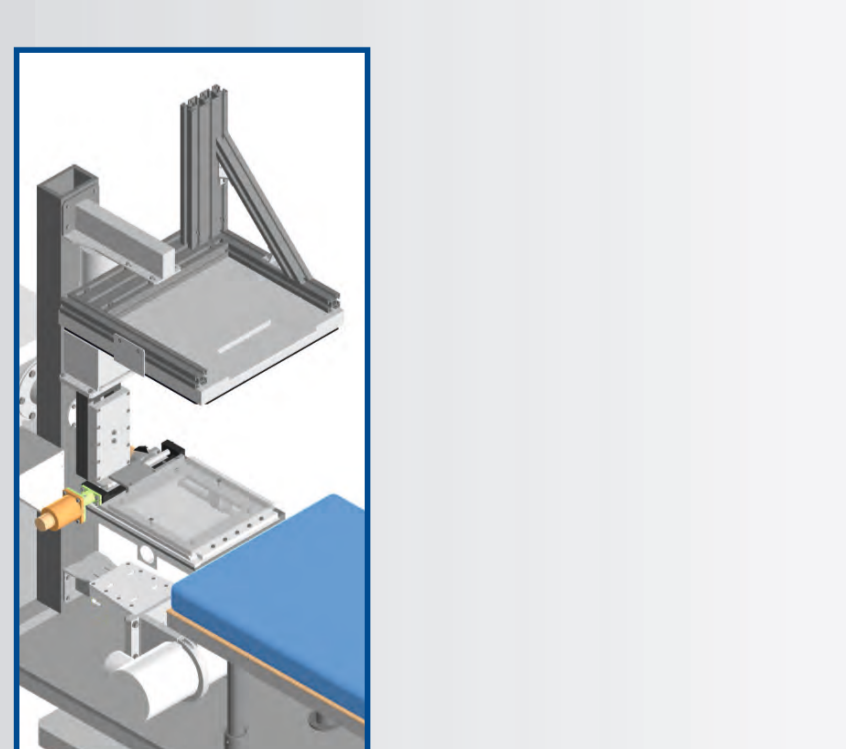
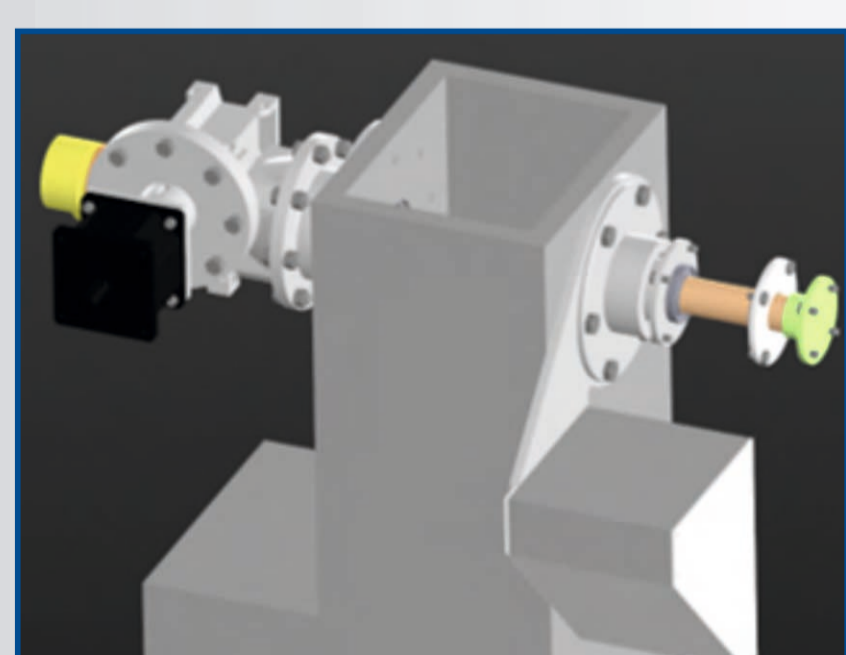
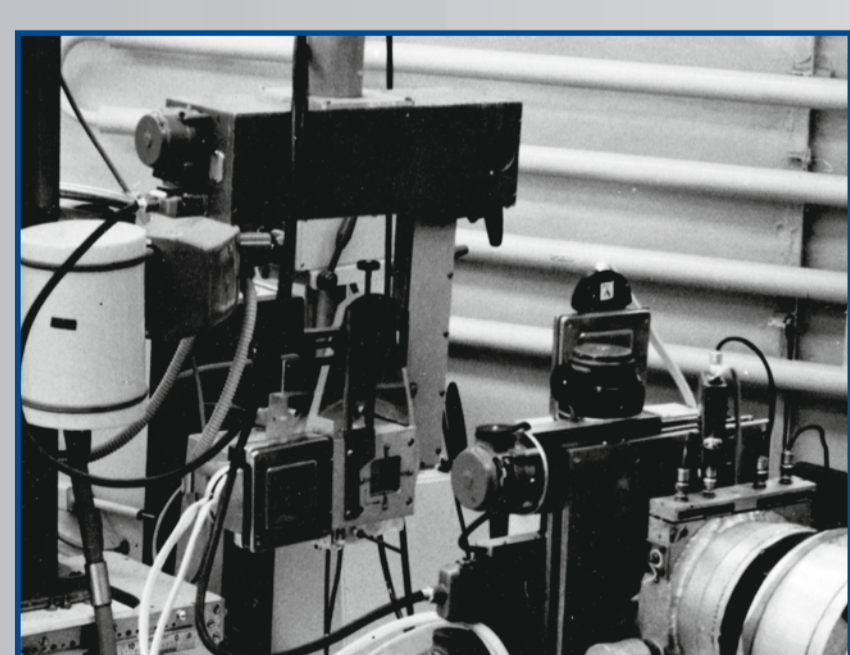


Радиоавтограф протонного пучка

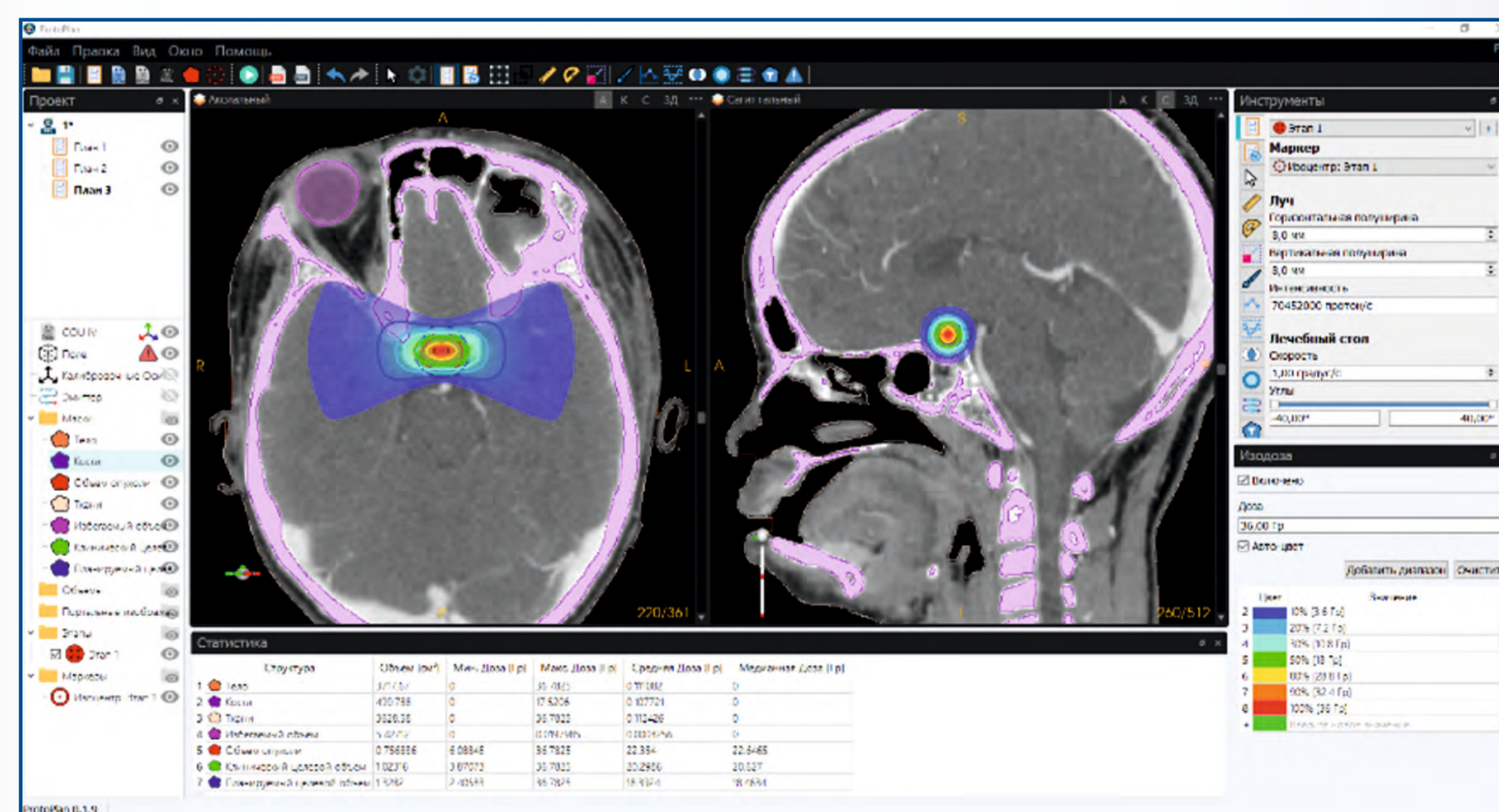
Прибор – фиксатор головы может совершать маятниковые движения вокруг оси X на угол до ±36° либо одновременно, либо поочередно с движениями ЛС. Лечебный стол может вращаться вокруг оси Z в диапазоне до ±40°. При любых поворотах ЛС и ПФГ объект, расположенный в изоцентре, остается неподвижным. При выборе параметров движения опираются на протокол дозиметрического планирования.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

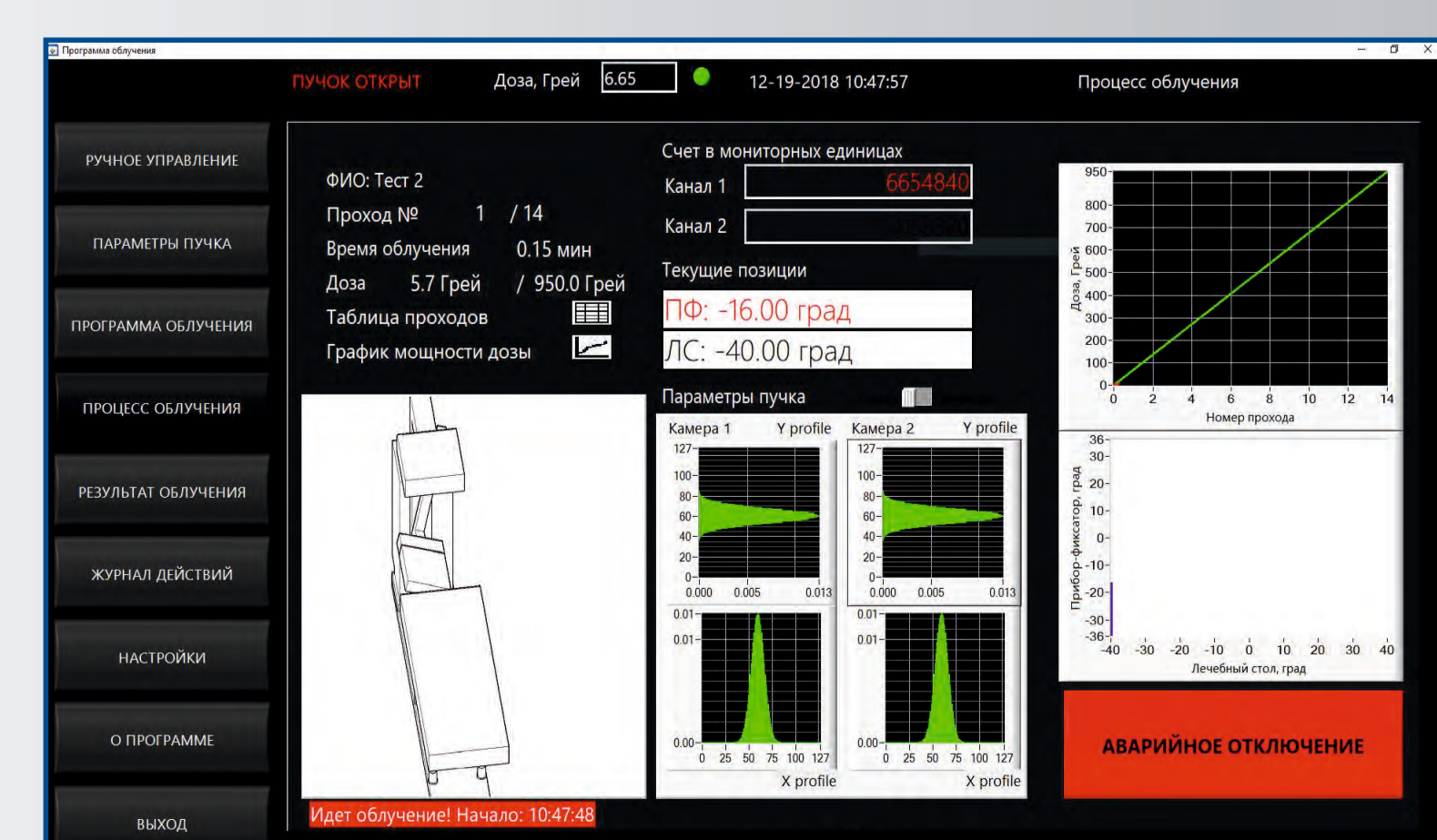
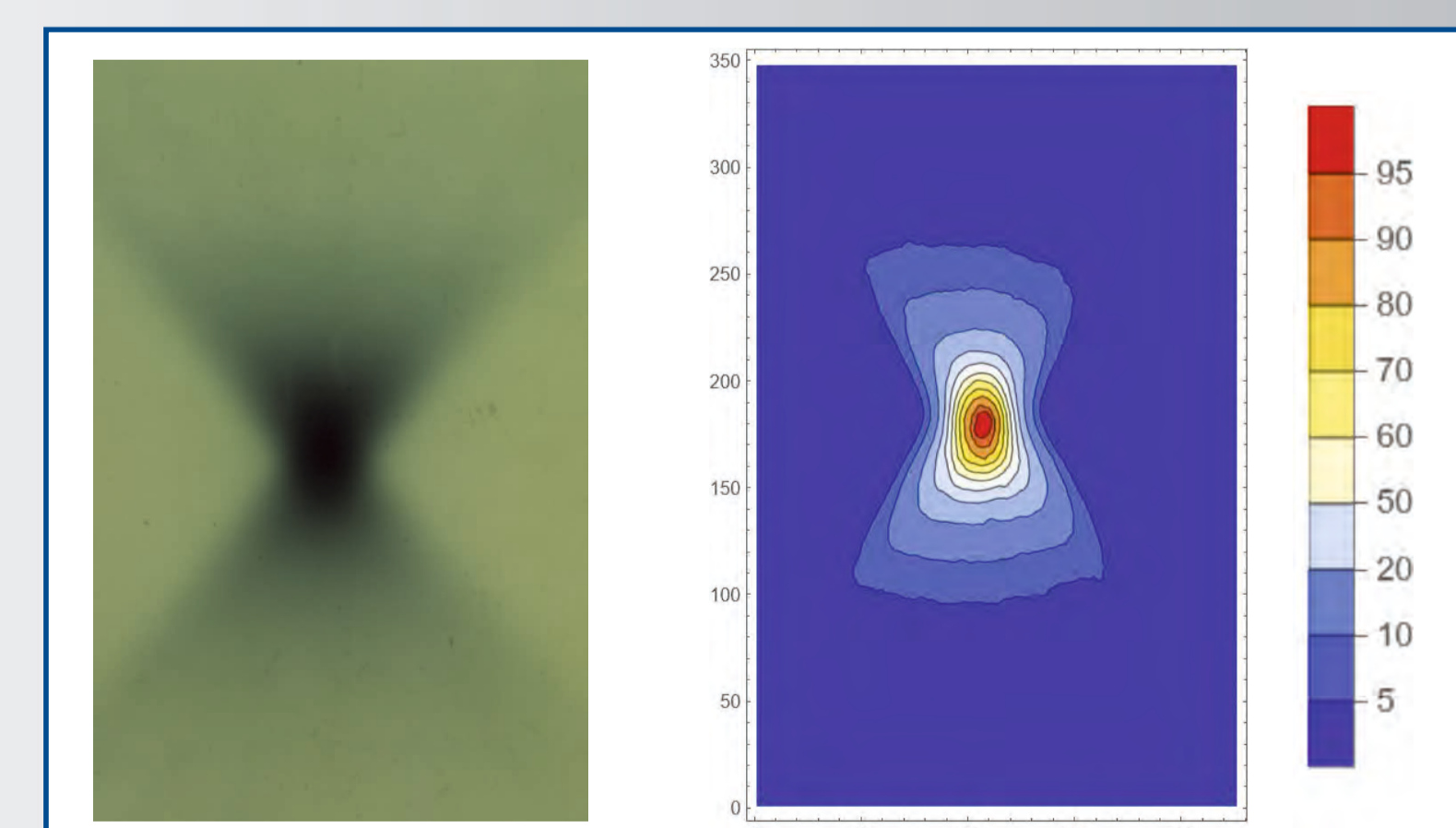
Деятельность лаборатории заключается в исследовании и применении концепций и методов медицинской физики в радиологии. В 2013 г. была начата модернизация медицинского протонного комплекса. В период с 2013 по 2021 г. были обновлены материально-техническая и элементная базы МПК, системы центрации пучка, организованы автоматизированные рабочие места оператора и врача, модернизированы системы управления электромеханическими узлами терапевтической установки, обновлено программное обеспечение для автоматизации управления, объединены программа управления УПСТ и программа контроля параметров протонного пучка, обновлены системы общей и клинической дозиметрии, разработана система цифрового дозно-анатомического планирования, расширены методики верификации терапевтических планов. За этот период было получено 5 патентов. В декабре 2022 г. было получено разрешение на проведение клинических испытаний МПК.



Модернизация рентгеновского центра и электромеханических частей УПСТ



Система дозно-анатомического планирования. Работает в 3D-режиме



С 2017 г. в тесном сотрудничестве с другими научными и научно-исследовательскими подразделениями и организациями ведутся прикладные исследования по воздействию высокоэнергетических протонов на модельные организмы, имеющие значимость в радиационной онкологии, радиобиологии и медицине.

В период с 2017 по 2023 г. были проведены эксперименты по облучению больших полушарий головного мозга мышей, а также исследованию радиационных повреждений молекулы ДНК при облучении различных образцов и выживаемости микромицетов.