

ного изотопного анализа фенолов, диазосоединений и др.

На секции изотопной геологии заслушаны доклады Л. Мерливета и Е. Рота (Франция) об исследовании образования града с помощью изотопов, Л. Блага и др. (Румыния) о распространенности дейтерия в нефтеносных районах, Р. Мюллера и др. (ГДР) о геохимии пористости по отношению C^{12}/C^{13} доломитов Тюрингского хребта, И. Мааса и др. (ГДР) об исследовании происхождения рудничных газов посредством изотопного анализа углерода и И. Пилота (ГДР) о некоторых данных по аргон-калиевому методу определения возраста минералов Саксонии.

На секции биологии, медицины и сельского хозяйства было представлено 25 докладов. Из работ, связанных

с биологией и медициной, следует отметить доклады о первых опытах с $HDO - Clearance$ при невритах у человека, биосинтезе никотиновой кислоты туберкулезной бактерией, влиянии тяжелой воды на деление клеток, рост и дыхание дрожжей, выделении пептидов при приеме молочных белков, меченых N^{15} .

С сельским хозяйством были связаны работы по исследованию превращений азота в различных почвах и усвоению его пшеницей и овсом. Шесть докладов относились к исследованию азотного обмена у дойного скота с применением бикарбоната аммония, меченого N^{15} .

В. С. Золотарев

Второй симпозиум по источникам ионизирующих излучений для дистанционной лучевой терапии

В Советском Союзе в 1954 г. был разработан и освоен промышленный выпуск кобальтовых γ -терапевтических установок с источником 400 г. экв Ra для лечения злокачественных опухолей. Дальнейшие успехи отечественной атомной науки позволили создать более совершенные γ -терапевтические установки и медицинские ускорители электронов.

В целях определения важнейших направлений дальнейших исследований и оценки полученных резуль-

татов в мае 1963 г. Министерство здравоохранения СССР организовало в Ленинграде Второй симпозиум по источникам ионизирующих излучений для дистанционной лучевой терапии.

В его работе участвовало более 20 научных и конструкторских организаций и промышленных предприятий. Было заслушано 10 докладов с последующей широкой дискуссией по наиболее актуальным вопросам развития техники и методов лучевой терапии.

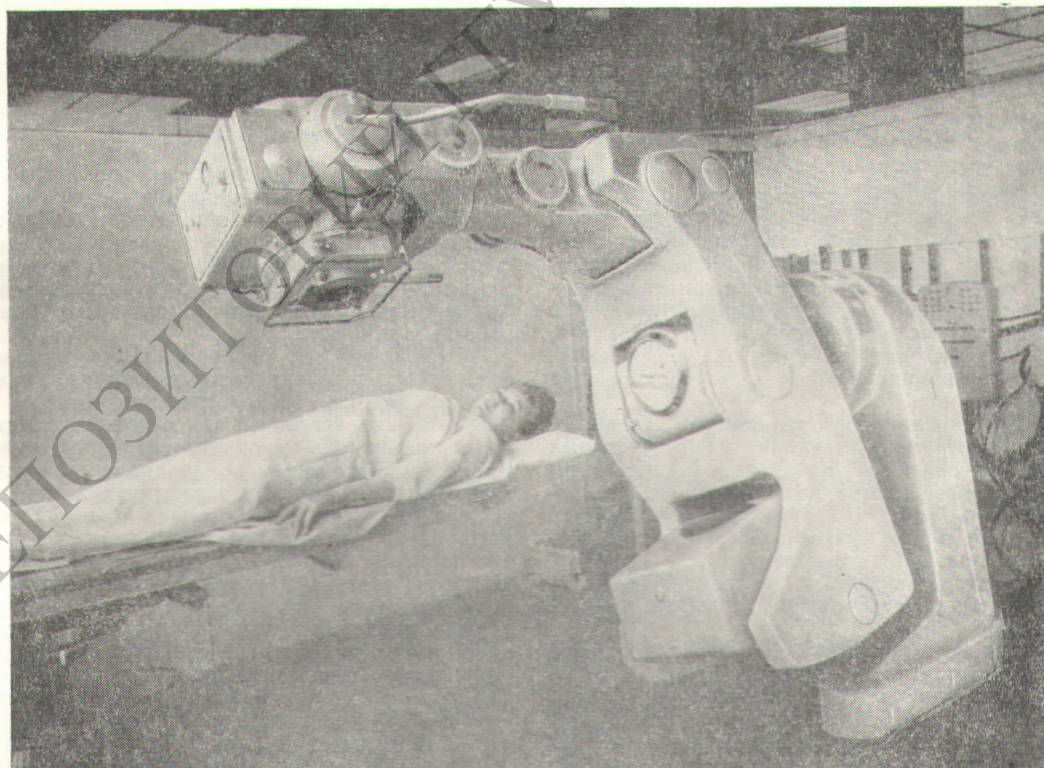


Рис. 1. Ротационно-конвергентная γ -терапевтическая установка «Рокус».

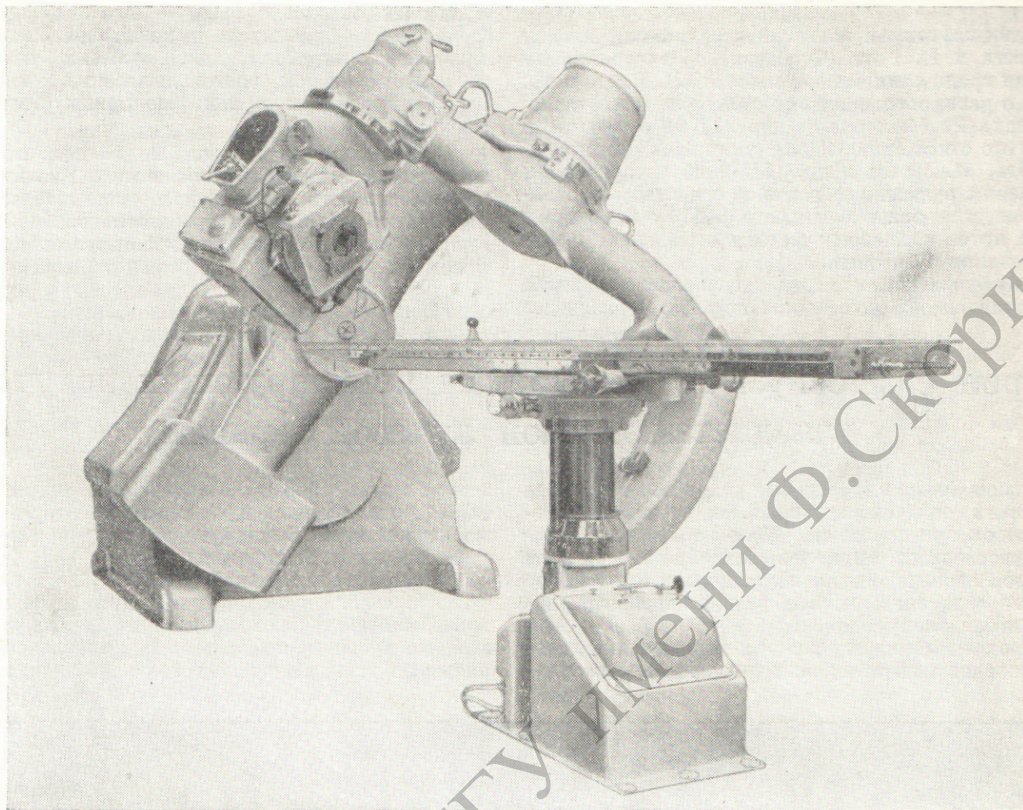


Рис. 2. Ротационно-конвергентная γ -терапевтическая установка «Вольфрам».

Е. И. Воробьев сделал анализ производства аппаратуры для дистанционной лучевой терапии в ведущих странах. Указав, что при оценке клинической перспективности той или иной установки нельзя основываться лишь на данных, даваемых им конкурирующими между собой фирмами и врачами капиталистических стран, а нужно найти объективные критерии для решения этого вопроса, которыми могут быть: вид, энергия и интенсивность излучения, надежность, возможность унификации блоков и узлов, простота в обслуживании и т. д.

Три доклада носили информационный характер. В докладе «Конструкция медицинских бетатронных установок и перспективы их усовершенствования» Б. Б. Гельперин сообщил о конструктивных особенностях бетатронов типа Б-4 на 25 Мэв и Б-15/4,5 на 15 Мэв и параметрах пучков электронов, выведенных из бетатронов после их модернизации.

С большим интересом был встречен доклад В. М. Левина о принципах проектирования линейных ускорителей.

И. А. Давыдова и др. представили доклад о новой ротационно-конвергентной γ -терапевтической установке «Рокус» с источником Co^{60} , радиационный выход которого составляет 60 р/м·мин и расстоянием между источником и осью ротации и конвергенции установки 75 см (рис. 1). Установка пригодна для осуществления всех известных методов лучевой терапии с применением Co^{60} .

В докладе С. Э. Белоцерковского впервые на примере разбора схем ротационно-конвергентной установки «Вольфрам» (рис. 2) достаточно подробно изложены инженерные основы проектирования автоматических систем дистанционного управления движениями источника излучения, затвора γ -терапевтической установки, формирования полей облучения и систем безопасности работы установки.

В докладе В. Н. Никешичева была показана целесообразность и эффективность создания крупных межобластных лечебных онкологических центров, оснащенных наборами установок для лучевой терапии, состоящими из рентгено-терапевтических аппаратов, кобальтовых γ -терапевтических установок и ускорителей электронов с тормозным и электронным пучками. Расчеты, выполненные в последнее время, приводят к тому, что оптимальное соотношение между этими установками должно быть 3:1:6 соответственно. При этом соотношении все установки загружены равномерно. Такой «минимальный набор» из 10 установок в указанном соотношении обеспечит лучевое лечение онкологических больных, имеющих в районе, где проживает около 3 млн. человек.

Вопросы проектирования и строительства помещений для лучевой терапии и в лечебном комплексе онкологического учреждения были сформулированы в докладе В. В. Адамовича. Автор, рассматривая различные варианты проектов, также приходит к выводу о целесообразности создания крупных лечебных центров.

Наибольший интерес представили доклад В. В. Дмоховского «Дискуссионные вопросы γ -аппаратостроения» и два доклада Р. В. Синицына «К вопросу о выборе некоторых параметров ускорительных установок для лучевой терапии» и «Некоторые вопросы клинической дозиметрии и связанные с ними параметры конструкций источников излучений».

В докладе В. В. Дмоховского развиваются предложенные автором критерии определения энергии излучения, применимой при многопольной и ротационной лучевой терапии. Предшествующие способы оценки величины энергии основывались на рассмотрении относительного распределения дозы по глубине при облучении разными источниками с одного направления. Однако для лечения глубоко расположенных опухолей облучение очага с одного направления является недопустимым, так как здоровые органы, окружающие злокачественную опухоль, в данном случае получают слишком большую дозу. При заданном числе направлений облучения докладчик предложил для оценки величины энергии использовать значение предельной глубины, на которой значение поглощенной дозы составляет 50% от максимальной. По расчетам автора, если ограничиться всего тремя направлениями облучения, то оказывается, что при использовании рентгеновского излучения 200—250 кэ максимальная глубина едва достигает 2,5 см, при использовании Cs^{137} — 3,5 см, Co^{60} до 11 см, а для облучения опухоли любой локализации потребуется излучение с энергией не менее 8 Мэв.

Для ротационного метода облучения в качестве критерия автор предложил взять величину минимального угла вращения источника вокруг опухоли, при которой кривая максимальных значений изодозы становится близкой к окружности. При этом для рентгеновского излучения необходима полная ротация на 360°, при использовании радиоактивного кобальта угол вращения должен быть не менее 300°, для излучения 8 и 15 Мэв — 240 и 180° соответственно. Докладчик сделал вывод о непригодности использования рентгеновского излучения до 250 кэ для лучевой терапии глубоко залегающих опухолей (пищевод, легкие и т. п.).

В первом докладе Р. В. Синицына в наиболее общем виде сформулирована основная задача клинической дозиметрии, которая по современным представлениям заключается в определении таких условий облучения злокачественной опухоли, при которых окружающие опухоль здоровые органы и ткани получают дозы излучения, не приводящие к необратимым изменениям этих органов, а к опухоли подводится доза, необходимая для полного ее разрушения.

В результате анализа возможных конкретных условий облучения автор пришел к заключению, что диапазон энергий, необходимый для осуществления всех возможных методов лучевой терапии, находится в пределах от 25 до 30 Мэв для тормозного излучения и от 5 до 30 Мэв для пучка электронов.

Второй доклад Р. В. Синицына посвящен анализу допустимых погрешностей при составлении индивидуального дозиметрического плана лучевого лечения. Обсуждая существующие методы подготовки анатомических срезов и точности дозиметрической аппаратуры, автор показывает, что ошибки в отпускаемых дозах достигают 23—180%. Из работ Циммера, Раевского и др. следует, что суммарная ошибка по дозе не должна превышать 10%. Эта цифра накладывает очень жесткие условия на весь комплекс аппаратуры и оборудования, который применяется на всех этапах исследования

и лечения больного. В частности, дозиметры должны надежно обеспечивать измерения с точностью до 1%.

В дискуссии обсуждались также вопросы надежности современных установок для лучевой терапии, их экономичности, а также стандартизации рационального выхода излучений и клинической дозиметрии.

В результате обмена мнениями и дискуссии приняты конкретные рекомендации по основным вопросам дальнейшего развития техники дистанционной лучевой терапии, основными из которых являются: а) энергия, вид и интенсивность излучения; б) конструкция установок для лучевой терапии; в) калибровка источников излучения; г) научно-исследовательские и конструкторские разработки.

Энергия, вид и интенсивность излучения: целесообразно определить диапазон граничных энергий излучения, применяемых при лучевой терапии, в пределах от 5 до 30 Мэв, для тормозного и электронного излучения — от 2 до 35 Мэв.

Оптимальными величинами мощности дозы следует принять диапазон от 30 до 300 рад/мин после прохождения выравнивающего фильтра на расстоянии одного метра от источника на глубине максимума ионизации. При этом необходимо обеспечить возможность изменять мощность дозы в 10 раз.

Так как один вид источника ионизирующего излучения не может обеспечить всех необходимых условий лучевого лечения больных, наиболее целесообразным является использование в одном клиническом учреждении нескольких видов источников излучения. Рекомендован набор, состоящий из ускорителя электронов, создающий тормозное излучение и пучок электронов, мощной кобальтовой γ -установки, рентгенотерапевтического аппарата на 250 кэ и короткофокусного рентгенотерапевтического аппарата с энергией до 100 кэ, а также некоторого количества твердых и жидких радиоактивных препаратов.

Конструкция установок для лучевой терапии. Установки, используемые для лучевой терапии, должны быть малогабаритными, простыми в обслуживании, надежными и удобными, обеспечивающими точность воспроизведения укладок больного и требующими не очень высоких затрат на оборудование, строительство и эксплуатационные расходы.

Основным типом конструктивного оформления аппаратуры, применяемой для длиннофокусного дистанционного облучения, следует считать ротационное исполнение. Рекомендовано изготавливать установки по возможности в виде отдельных функциональных блоков при унификации узлов. Особое внимание обращено на обеспечение высокой надежности установок. В аппаратах в ротационном исполнении рекомендуется предусматривать возможность изменения кожно-фокусного расстояния при использовании их для статического облучения. Для тяжелых ускорителей предлагается, по крайней мере, наличие двух степеней свободы.

Калибровка источников излучений. Учитывая необходимость единства определения величин локальных доз, отпускаемых при лучевой терапии, следует организовать соответствующие службы, обеспечивающие точное измерение значений абсолютного выхода γ -лучей для каждой установки. Симпозиум рекомендует организовать разработку методов определения абсолютного радиационного выхода γ -терапевтических источников; точность определения величины радиационного выхода должна быть не более $\pm 2\%$.

Научно-исследовательские и конструкторские работы. Рекомендовано проводить в следующих направ-

лениях: обоснования величин необходимых лечебных доз на опухоли; определения допустимых лучевых нагрузок на здоровые органы; выяснения биологических показаний, определяющих возможность применения методов лучевой терапии.

Предложено установить методы расчета измерения

распределения глубинных доз, а также определить комплекс вспомогательного оборудования для клинической дозиметрии, в том числе оборудования для снятия контуров необходимых сечений тела, расчета изодоз, укладки больного и центрирования пучка.

В. Н. Никешичев

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

◇ СССР. В Горьком проведен семинар по применению радиоактивных изотопов в промышленности. Участники семинара — представители предприятий Волго-Вятского совнархоза — ознакомились с новыми достижениями в использовании радиоактивных изотопов в промышленности.

◇ СССР. Усовершенствованный образец железнодорожного снегоочистителя СДП оборудован приборами, действие которых основано на использовании радиоактивных изотопов. Уловив сигнал датчика, установленного на рельсах перед поездом или мостом, этот прибор поднимает щетки-ножи, закрывает боковые крылья, и снегоочиститель проходит этот участок без снижения скорости.

◇ СССР. На шахтах Донецкого совнархоза внедрен γ -дефектоскопический контроль за степенью износа транспортных резиновых лент, армированных стальными тросами, позволяющий по мере эксплуатации ленты установить степень износа и тем самым ликвидировать обрыв транспортной ленты во время работы. В качестве источника γ -излучения применяется Cs^{137} . Полученные снимки определенного участка ленты подлежат постоянному хранению и непрерывно сравниваются между собой. Наличие разрывов в стальных тросах или арматуре ленты является сигналом для замены или ремонта ленты. Внедрение профилактического контроля состояния лент с помощью γ -дефектоскопии позволило значительно уменьшить обрывы лент и затраты на ремонт.

◇ Польша. В Институте ядерных исследований разработан радиационный метод обработки изно-

шенных автомобильных шин для получения регенерата. Шина, у которой удалены бортовые кольца, подвергается γ -облучению дозой около 100 Mr. В результате облучения происходит деструкция целлюлозных волокон, входящих в состав каркаса шины, и прочность их снижается на 70% от начальной величины, что значительно облегчает процесс размельчения шин и удаления волокон. Радиационная обработка шин дает возможность снизить энергетические затраты при изготовлении сырья для получения регенерата на 65—70%. Предполагается, что этот процесс может быть реализован в промышленных масштабах при наличии дешевых источников излучения.

◇ США. В Лос-Аламосской научной лаборатории начаты испытания нового горючего для реактора LAMPRE, остановленного для извлечения второй загрузки активной зоны. В первой и второй загрузках в качестве горючего использовалось $23\text{ кг }Pu^{239}$ в виде сплава с 2% железа. Горючее находилось в 138 танталовых капсулах высотой 203 мм и диаметром 9,5 мм, образующих активную зону размером 152×152 мм.

Поскольку содержание плутония в сплаве с железом слишком велико, то было решено применить в качестве нового горючего тройной сплав плутоний — кобальт — церий. Температура плавления этого сплава не слишком сильно зависит от концентрации плутония, которая поэтому может изменяться в достаточно широких пределах. Кроме того, новое горючее выгодно отличается более высоким удельным тепловыделением и выгоранием. Наибольшие перспективы, по-видимому, имеет сплав,

содержащий 34% Рr, 40% Со и 56% Се. Капсулы изготовлены из тантала, полученного по усовершенствованной технологии. Основным назначением третьей загрузки помимо испытания нового горючего является достижение гораздо более высокого выгорания по сравнению с полученным ранее 0,5%.

◇ США. Разработана камера (эндоскоп) для осмотра внутренних деталей реактора. С помощью эндоскопа можно проводить подробный осмотр недоступных и сильно радиоактивных деталей реактора, обнаруживая трещины в трубах размером в несколько тысячных долей миллиметра на расстоянии до 5 м. Камера легко передвигается и имеет хорошую фокусирующую систему. Для получения снимков эту камеру можно использовать с фотокамерой «ПолярOID».

◇ США. Фирма «Консолидейтед кол компани» начала эксперименты по использованию излучения для ускорения процесса гидрогенизации угля. В качестве источников излучения применялись микрокошаческие гранулы из Sr^{90} , покрытые тонкостенными оболочками из стали. Установлено, что наличие излучения ускоряет процесс термического гидрокрекинга угля и способствует удалению азота и серы из образовавшихся продуктов.

◇ США. Большое количество фирм, производящих фанеру, предполагает приступить к радиационной обработке листов фанеры толщиной около 6,5 мм. Предполагается, что при использовании электронных ускорителей для этих целей производительность оборудования увеличится на 50% по сравнению с действующими методами.

