

Атомная медицина и медицинская физика

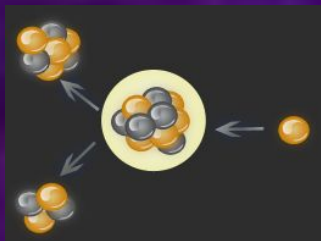
Скрипаль Анатолий Владимирович

*Саратовский государственный университет
Факультет нано- и биомедицинских технологий
Кафедра медицинской физики
Заведующий кафедрой медицинской физики
профессор, доктор физико-математических наук*

Атомная медицина включает в себя в основном лучевую терапию, ядерную медицину, лучевую диагностику, медицинскую радиационную физику и инженерию, а также радиологические производства. Все разделы атомной медицины неразрывно связаны между собой и, как органы одного организма, не могут функционировать и развиваться в отдельности друг от друга.

К атомной медицине также примыкают клиническая радиобиология, радиационная гигиена, радиоэкология, физические методы анализа структуры, композиции и химического состава биомедицинских объектов, радиохимия и радиофармацевтика, радиационная стимуляция, медицинская квантовая оптика (лазерная медицина), радиационная стерилизация медицинских инструментов и материалов, медицинское радиационное материаловедение и многое другое, т.е. все технологии, основанные на атомных процессах и используемые в медицине.

Специфика атомной медицины в отличие от медицины хирургической и лекарственной состоит в том, что она не может ни создаваться, ни существовать, ни развиваться без медицинской физики. К ней примыкают медицинские инженеры, радиационные технологи, радиохимики.



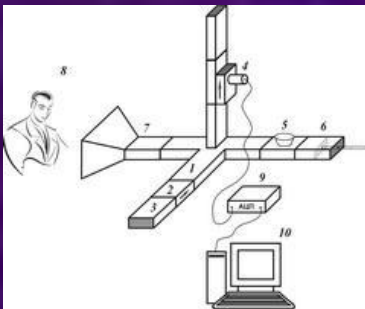
Медицинскую физику называют профессией XXI века. Во многих российских университетах в последнее время создаются отделения, кафедры и центры для подготовки специалистов в этой сфере. У истоков же нового учебного и во многом научного направления стояли сотрудники нескольких вузов, среди которых МИФИ и МГУ. Саратовский госуниверситет им. Н.Г. Чернышевского начал подготовку медицинских физиков с 2000 года.

Первый выпуск специалистов по медицинской физике в СГУ состоялся в 2005 году. Государственная аттестационная комиссия под председательством доктора медицинских наук, проректора по учебной работе Саратовского государственного медицинского университета, профессора Виталия Викторовича Моррисона высоко оценила представленные на защиту дипломные работы.

В этом же году при открытии нового факультета nano- и биомедицинских технологий была создана кафедра медицинской физики.

В 2011 году было открыто направление подготовки бакалавров и магистров 011200 «Физика» по профилю и программе «Медицинская физика».

Сейчас ведется набор 20 бакалавров и 10 магистрантов, а также аспирантов по направлению 03.01.02 «Биофизика».



О необходимости системного развития атомной медицины и медицинской физики

Российское здравоохранение более чем на 30 лет отстает от развитых стран в области атомной медицины (лучевой терапии, ядерной медицины, лучевой диагностики, медицинской физики), которая находится на стыке физики и медицины. В этих методах нуждаются миллионы онкологических, кардиологических, эндокринологических и других больных.

Наиболее дальновидные ученые считают, что атомное будущее человечества не только за атомной энергетикой, но и за атомной медициной. Это подтверждается более стремительным ее развитием в США, Западной Европе, Японии и даже во многих развивающихся странах, где ежегодный прирост ее «мощности» составляет 10–15%, а у нас не более 0,5%. При этом эффективность использования сложной радиологической техники в клиниках у них составляет 90%, а у нас не более 10%.

Атомная медицина или медицинская радиология очень специфична. Большая её часть (85%) – это физико-техническая составляющая, т.е. в ней, в отличие от других областей медицины, чрезвычайно высока степень физико-технической вооруженности. Однако при этом успех лечения лишь на 30% зависит от оборудования и корпусов, а на 70% от их «среды обитания», связанной в основном с человеческим фактором.



Валерий КОСТЫЛЁВ: «В России работает 250 медицинских физиков. Требуется в шесть раз больше»



Валерий Александрович Костылёв, президент Ассоциации медицинских физиков России, доктор физико-математических наук, профессор, более 40 лет работает в области лучевой терапии и ядерной медицины в Российском онкологическом научном центре им. Н.Н. Блохина РАМН

Онкологическим центрам и клиникам России в настоящее время необходимо около полутора тысяч медицинских физиков. Сейчас их насчитывается порядка 250. К 2015 году потребность возрастет до четырех тысяч, а к 2025 — до шести-восьми тысяч. Для сравнения — в США, которые занимают лидирующие позиции в этом направлении, уже сейчас работают пять тысяч специалистов, ежегодно их количество увеличивается на 10—15%.

Уже сегодня плохое обеспечение медицинскими физиками приводит к тому, что дорогостоящее оборудование используется лишь на 10% от его возможностей.

В России открываются всё новые и новые медицинские центры, вкладываются огромные деньги в оборудование, при этом никто не заботится о подготовке специалистов, которые будут работать на этих ультрасовременных приборах. А средства нужно вкладывать, прежде всего, в образование.

Лучевая терапия

Лучевая терапия - метод лечения опухолевых и ряда неопухолевых заболеваний с помощью ионизирующих излучений. Такое излучение создается с помощью специальных аппаратов, в которых используется радиоактивный источник. Эффект лучевой терапии основан на повышенной чувствительности раковых клеток к ионизирующему излучению. Под действием этого излучения в клетках развивается огромное количество мутаций, и они погибают. При этом нормальные клетки организма не подвергаются таким изменениям, так как более устойчивы к облучению. Гибель опухоли происходит также за счет специальной методики облучения, когда лучи подводятся к опухоли с разных сторон. В результате в опухоли накапливается максимальная доза.

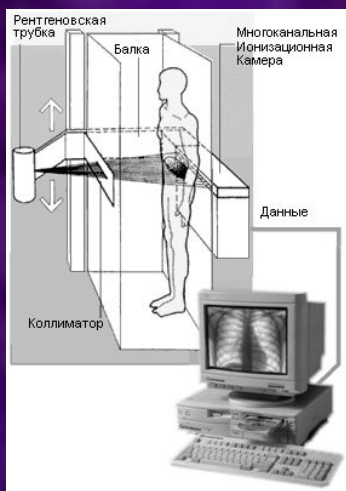


Подразделяют излучение на ионизирующее и неионизирующее. К ионизирующим относят фотонные (рентгеновское и гамма-излучение), электронные, протонные и пр. А неионизирующие – это лазеры, ультразвук, СВЧ, гипотермия, гипертермия, магнитные поля, ионы, нейтроны.

На 99% лучевая терапия применяется в онкологии, и здесь она называется радиационной онкологией. Это использование ускорителей, гамма-аппаратов, других аппаратов и радиоактивных источников для лучевого лечения.

Лучевая диагностика

Лучевая диагностика – это рентген, ультразвуковая диагностика, КТ, МРТ, т.е. наиболее распространенные сегодня виды медицинской визуализации. В ядерной медицине речь идет об использовании различных открытых радионуклидов, меченых ими радиофармпрепаратов и для диагностики, и для лечения. Например, для радионуклидной диагностики используют однофотонную эмиссионную томографию (ОФЭКТ) и позитронно-эмиссионную томографию (ПЭТ).

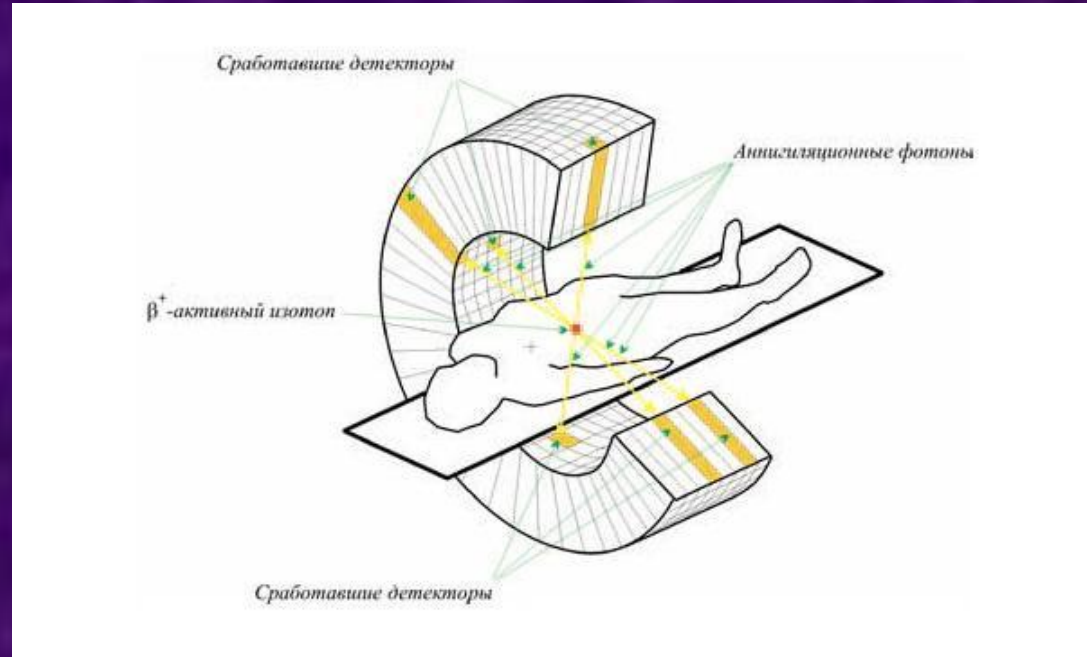


Перспективы развития атомной медицины и медицинской физики

Позитронно-эмиссионная томография

Некоторые радиоактивные ядра при распаде испускают позитроны. Такой позитрон быстро тормозится в веществе и аннигилирует с одним из электронов среды, образуя два гамма-кванта, разлетающихся в противоположных направлениях (рис. 1). Поэтому одновременное срабатывание двух из окружающих пациента детекторов будет означать, что распавшееся радиоактивное ядро находилось на линии, соединяющей эти два детектора.

Эта основанная на методе совпадений (разработанном в физике космических лучей) диагностическая методика носит название позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ). Радионуклиды, испускающие позитроны, имеют, как правило, короткое время жизни (например, период полураспада фтора-18 составляет 109,7 минуты). Поэтому такие нуклиды нарабатываются на циклотроне, установленном непосредственно в клинике, там же они извлекаются из облученной мишени и вводятся в состав химического соединения, активно участвующего в обмене веществ в организме (например, фтордезоксиглюкозы).



Перспективы развития атомной медицины и медицинской физики

Лучевая терапия нейтронами

Обнадеживающие результаты показывает терапия быстрыми нейтронами. Нейтроны не являются непосредственно ионизирующими частицами, однако они могут рассеиваться на ядрах, передавая им энергию и импульс отдачи, а также вызывать ядерные реакции. Ядра отдачи и продукты реакций создают в веществе высокую плотность ионизации вблизи своих траекторий, что приводит к разрушению тех разновидностей опухолевых клеток, которые обладают повышенной устойчивостью к слабоионизирующим фотонному и электронному излучениям.



Перспективы развития атомной медицины и медицинской физики

Бор-нейтрон-захватная терапия



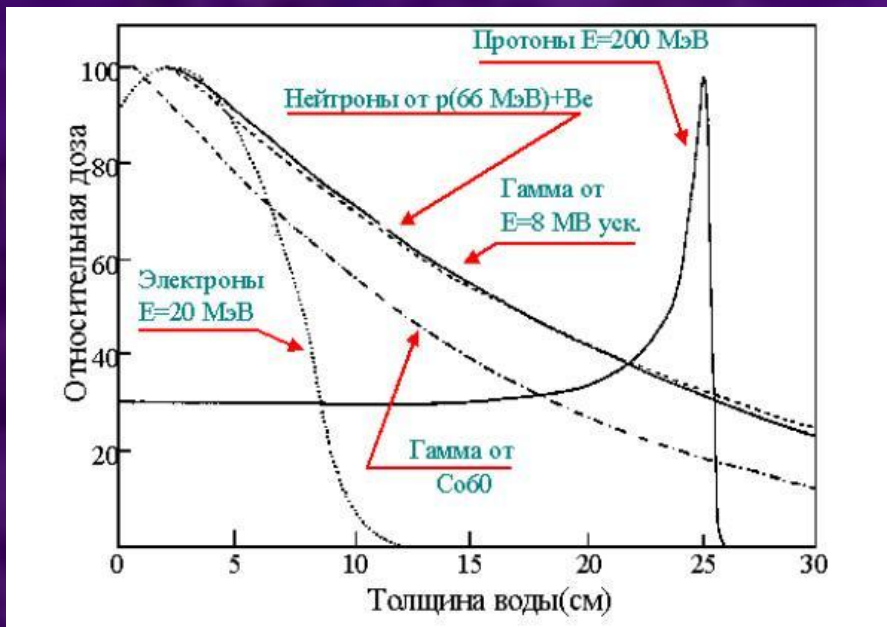
ИЯФ СО РАН им. Г.И. Будкера

Можно создать фармпрепарат, способный избирательно накапливаться в опухоли и содержащий стабильный изотоп бора-10, обладающий большим сечением резонансного захвата тепловых нейтронов. В результате реакции образуются ядра лития-7 и гелия-4, пробег которых составляет порядка 10 микрон. Таким образом, поражаться будет именно та клетка, которая содержала атом бора. Такая бор-нейтрон-захватная терапия (БНЗТ) в сочетании с хирургическим лечением показала обнадеживающие результаты.

Одной из проблем, стоящих на пути широкого внедрения метода, является необходимость создания компактного и недорогого источника тепловых нейтронов. Такие нейтроны, тормозясь в организме, достигали бы тепловых скоростей на глубине залегания опухоли, что позволило бы избежать хирургического вмешательства.

Перспективы развития атомной медицины и медицинской физики

Протоны и ионы – это лучевая терапия или радиационная онкология самого высокого уровня. Она дает преимущества по сравнению с фотонной терапией для 30% случаев. Но сегодня из-за более высокой стоимости и сложности это еще экзотика



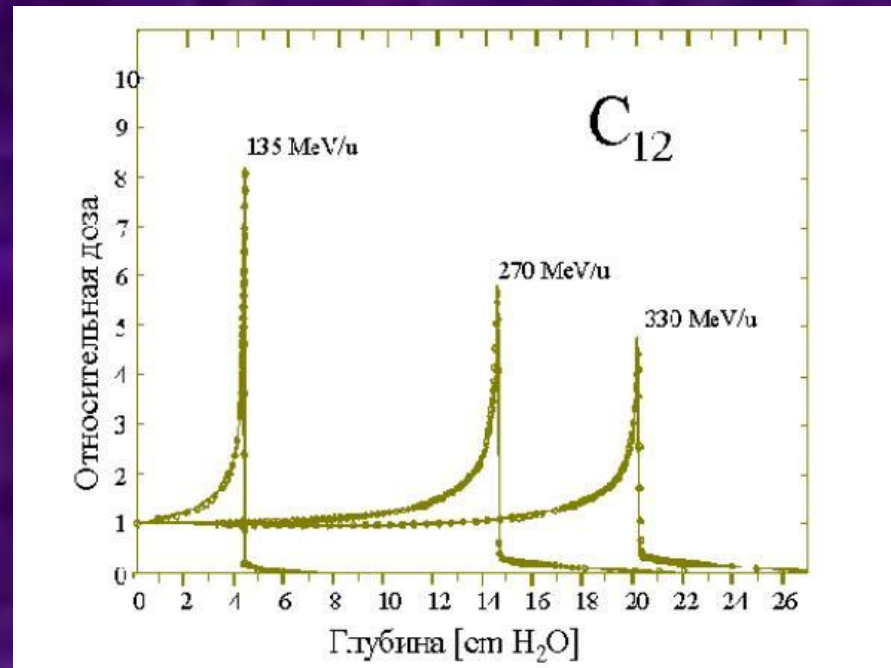
Огромным потенциалом обладает терапия пучком тяжелых заряженных частиц — протонов или легких ядер. Преимущество этого метода заключается не только в высокой плотности ионизации среды вблизи траекторий частиц. Известно, что максимум ионизационного торможения заряженная частица испытывает на последних миллиметрах своего пробега, перед остановкой (соответствующий максимум на кривой ионизационных потерь носит название брэгговского пика, рис. 3, 4).

Это позволяет, подбирая соответствующим образом энергию пучка, локализовать выделение энергии частицами непосредственно в опухоли [6–10].

Перспективы развития атомной медицины и медицинской физики

Использование вместо пучка протонов пучка **ядер углерода-12** обладает несколькими дополнительными преимуществами [10]. Более высокая плотность ионизации в треке позволяет лучше справляться с резистентными опухолями. Большая высота брэгговского пика по отношению к ионизации во входном канале позволяет уменьшить общую дозу облучения. Большая масса частиц уменьшает поперечное размытие пучка за счет многократного рассеяния.

Часть ядер пучка превращается в нестабильные ядра углерода-11, распадающиеся с испусканием позитронов, что позволяет оперативно контролировать качество проведенной терапии с помощью позитронно-эмиссионной томографии.



Перспективы развития атомной медицины и медицинской физики

Наиболее экзотической идеей является использование для терапии опухолей пучка отрицательно заряженных **пи-мезонов**.

Остановившийся в веществе отрицательный пион захватывается атомным ядром и вызывает его распад на несколько фрагментов с малым пробегом и большой удельной ионизацией (на жаргоне экспериментаторов, «дает звезду»), что позволяет эффективно «выжигать» опухоли [7]. Однако из-за отсутствия подходящих пучков пи-мезонов этот метод пока не нашел клинического применения.

Перспективы развития

Чтобы догнать ведущие мировые державы, мы должны быстро развивать радиологические центры, технологии и оборудование , наращивая мощности ежегодно не менее чем на 20% и научиться эффективно их использовать. Необходим медицинский радиологический (или атомный – МАП) проект, задача которого в течение 20 лет ликвидировать наше более чем 30-летнее отставание от высокоразвитых стран.

Успешная реализация Проекта возможна только при условии научного и системного подхода. Работы должны вестись одновременно в трех направлениях:

- 1. Создание и развитие условий существования (или «среды обитания») высокотехнологичных радиологических комплексов в клиниках, подготовка кадров, нормативно-правовой базы, организация сервисной службы, выделение средств для содержания оборудования в клиниках и т.д.**
- 2. Создание и развитие научно-обоснованной системы радиологических комплексов в медицинских центрах и крупных клиниках (включая планирование, проектирование, научное сопровождение, строительство, системное оснащение и освоение технологий лечения);**
- 3. Разработка отечественного радиологического оборудования, технологий, радиофармпрепаратов, создание и развитие производств, развитие научных исследований, научных физико-технических и клинических школ и т.д.**

Перспективы развития

В течение 20 лет с учетом роста потребностей в соответствующих радиологических процедурах потребуются модернизация 140 существующих и создание еще минимум 400 новых отделов конформной лучевой терапии со стереотаксической радиохирургией и брахитерапией, создание более 20 клинических центров адронной (протонной, ионной и нейтронной) терапии, более 50 центров радионуклидной терапии открытыми источниками, более 150 ПЭТ-центров, кардинальная модернизация или создание более 300 отделений радионуклидной диагностики и 400 отделений лучевой диагностики (рентген, КТ, МРТ, УЗИ). Для этого потребуются произвести, закупить и установить в клиниках более 100 тыс. единиц высокотехнологичного радиологического оборудования.

Потребуется разработка и создание производств отечественного оборудования и препаратов для:

1. диагностической радиологии:

- Системы для интервенционной радиологии.
- Системы для мультidetекторной спиральной компьютерной томографии.
- Системы для МРТ с различной напряженностью магнитного поля.
- Системы для ОФЭКТ и ОФЭКТ/КТ.
- Системы для ПЭТ и ПЭТ/КТ.
- Циклотроны и радиохимические лаборатории для производства диагностических и терапевтических радионуклидов и радиофармпрепаратов..
- Аппаратура для радионуклидной ин-витро диагностики.
- Ускорительные комплексы для медицинской стерилизации и обеззараживания отходов.
- Радионуклиды и радиофармпрепараты для диагностической радиологии.

Перспективы развития

2. терапевтической радиологии:

- Ускорительные комплексы для фотонной, электронной, протонной, ионной и нейтронной терапии с системами формирования пучка, модуляции интенсивности, управления облучением под визуальным контролем и т.д.
- Рентгеновские и радионуклидные терапевтические комплексы для дистанционной и контактной лучевой терапии.
- Стереотаксические радиохирургические рентгеновские и фотонные роботизированные комплексы (радиационные «скальпели»).
- Аппаратные комплексы для брахитерапии (внутриполостной и внутритканевой, ^{60}Co , ^{192}Ir , ^{252}Cf , с капсулами ^{125}I под контролем УЗИ и РКТ).

В соответствии с все возрастающими международными нормативами и оценками наших ведущих специалистов потребуется произвести и установить:

- Медицинских ускорителей различного типа и назначения для лучевой терапии – 3000.
- Аппаратов для дистанционной гамма-терапии (^{60}Co)– 500.
- Рентгеновских симуляторов (РС/КТ) – 1000.
- Аппаратов для брахитерапии – 1000.
- Систем дозиметрического планирования и клинической дозиметрии – 3000.
- Гамма-камер (ОФЭКТ и ОФЭКТ/КТ) – 1000.
- Рентгеновских аппаратов различного назначения – 30000.
- Компьютерных томографов – 15000.
- Магнитно-резонансных томографов – 3000.
- Позитронно-эмиссионных томографов (ПЭТ и ПЭТ/КТ) – 500.
- Циклотронных и других комплексов для наработки УЖ-радионуклидов – 150.

Спасибо за внимание

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ МЕДИЦИНСКИХ НАУК

Российский Онкологический Научный Центр
имени Н.Н. Блохина

Позитронно-эмиссионная
томография

Компьютерная томография (КТ)

Магнитно-резонансная томография
(МРТ)



Центр протон-ионной лучевой терапии

МРНЦ, г.Обнинск Калужской области:



Лазерный источник ионов



Смонтированное оборудование
канала перевода пучка в зале
И-100



Линейный ускоритель И-100

ГУЗ "Областной онкологический диспансер №2"

В целях реализации Национальной онкологической программы, а также совершенствования медицинской помощи больным с онкологическими заболеваниями, 1 августа 2010 года из структуры ГУЗ «Саратовская областная клиническая больница с патологоанатомическим центром» были выделены онкологические отделения и во исполнение Распоряжения Правительства Саратовской области от 15.07.2010г №192-Пр, приказом министерства здравоохранения области от 19.07.2010г №734 создано новое юридическое лицо - государственное учреждение здравоохранения «Саратовский онкологический диспансер №2», который 07.10.10 №1047 был переименован в ГУЗ «Областной онкологический диспансер №2».

