

0000209 on 06.16

ISSN 2313-7533

НАУКА • ПРОИЗВОДСТВО • ОБЩЕСТВО

Научное

1(7)2016

НАУЧНО-ПУБЛИЦИСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Актуализация программы
подготовки специалистов**

**Инженерные профессии –
горячий тренд современности**

**Информационные технологии
в многообразии решений**

Кембриджская пентаграмма



02.06.16

17 2016

Наукоград

Научно-публицистический журнал
Выходит 4 раза в год

№ 1 МАРТ 2016 г.



Журнал зарегистрирован в Министерстве связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-57982 от 28.04.2014

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

Учредители: Городской научно-технический совет наукограда Протвино, АО «НПО «Турботехника», Издательский дом «Научная библиотека»

Издатель: ООО Издательский дом «Научная библиотека»

Издательская группа / редколлегия:

Главный редактор – В. Н. Каминский

Редактор Е. Е. Просина

Художник В. Н. Михненко; дизайнер М. С. Кузьменко

Компьютерная верстка О. Г. Свиридова; корректор Н. А. Гежа

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Балакин В. Е., генеральный директор ЗАО «ПРОТОМ» – Физико-технического центра, филиала Физического института имени П. Н. Лебедева ФИАН – ФТЦ ФИАН, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук

Блинов А. О. – академик РАН, доктор экономических наук, профессор; Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации

Воробьев А. П., начальник лаборатории ФГБУ «ГНЦ «ИФВЭ» НИЦ «Курчатовский институт», доктор физико-математических наук

Гришин М. П., начальник отдела информационных технологий ОАО «Протвинский опытный завод «Прогресс»

Гуржиев С. Н., исполнительный директор ЗАО «Рентген-пром», кандидат физико-математических наук

Евсиков А. А., директор Филиала «Протвино» ГБОУ ВПО Московской области «Международный университет природы, общества и человека «Дубна», кандидат технических наук

Каминский В. Н., генеральный директор АО «НПО «Турботехника», доктор технических наук, профессор МГМУ МАМИ, председатель ГНТС г. Протвино

Кириченко Г. П., генеральный директор ООО «КПП Атомприбор»

Мартынов В. И., эксперт сектора по развитию города как наукограда Администрации г. Протвино

Науменко Т. В. – доктор философских наук, профессор; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

Романенко Ю. А., заместитель генерального директора НПО «Турботехника», доктор технических наук, профессор

Серга Е. В., заместитель директора по науке ООО «Новые технологии», кандидат физико-математических наук

Токарев С. К., директор НП «Технопарк Протвино»

Трофимов Ю. Д., директор по разработке и производству приборов ООО «НПО «ДНК-Технология»

Усачев А. Б. директор ПФ ФГУП «НИИ НПО «Луч»

Штефанов Ю. П., генеральный директор ООО «Ньюфрост», кандидат технических наук

Подписано в печать 25.03.2016. Формат 60x90 1/8. Цена договорная. Объем 10 ,5п.л. Тираж 2000 экз. Отпечатано в типографии ООО «Канцлер», г. Ярославль, ул. Полушкина Роща, 16, ст. 66а. E-mail: kancler2007@yandex.ru

Точка зрения авторов статей может не совпадать с мнением редакции. Статьи рецензируются. Перепечатка материалов, опубликованных в журнале «Наукоград наука производство общество», допускается только с письменного разрешения редакции.

© АО «НПО «Турботехника»; ООО «Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА»

События

- ГНТС наукограда Протвино: перезагрузка 2
- Разговор по существу 4
- Филиал Военной академии РВСН имени Петра Великого отметил 75-летие – Ю. О. Бажанов 7

Формат развития

- Подготовка инженеров и их закрепление на предприятиях региона – А. А. Евсиков, В. А. Коковин, А. П. Леонов 9

Наука и производство

- Модель мониторинга качества продукции в условиях действия случайных факторов, дестабилизирующих процесс производства – Б. Ф. Безродный, С. Г. Данилюк, А. А. Мурашко, Д. Ю. Фокин 13

Наука и медицина

- Методы медицинской физики – А. А. Соколов 18

Научные исследования и технологии

- Разработка и применение методики создания типоразмерного ряда турбокомпрессоров для ДВС различного назначения – В. Н. Каминский, Р. В. Каминский, С. В. Сибиряков, И. Н. Григоров, Е. А. Костюков, А. В. Лазарев 26
- Особенности архитектуры отказоустойчивых комплексов бортового оборудования летательных аппаратов – А. А. Авакян, Ю. А. Романенко 35

Минимизированный код для обнаружения ошибок устройств хранения и передачи информации

- А. А. Павлов, Д. С. Кудрявцев, А. Н. Царьков, Д. Е. Сорокин, С. С. Неустроев, И. В. Роберт, С. Н. Рягин 39

Математическое моделирование процесса установления соединения в восходящей и нисходящей ветвях системы сотовой связи типа GSM для оценивания его оперативности

- В. А. Димбал, В. Е. Тоискин, А. А. Васильченко, А. В. Кочуров 45

Анализ качества выполнения функций системы безопасности

- А. И. Бочаров 54

Фундаментальная наука

- Кембриджская пентаграмма – В. О. Соловьев 58

Мнение vs Мнение

- Большой взрыв в релятивистских головах? Критические комментарии к книге Б. Е. Штерна «Прорыв за край мира» – Н. Л. Векшин 66

Экономика

- Совершенствование финансирования инновационных процессов в экономике Российской Федерации – П. Д. Кониная 71

Социокультурная среда

- Наукограды: Гордость без предубеждения – Д. Б. Просин 75

Адрес редакции: 142281, Московская область, г. Протвино, Заводской пр-д, 4. E-mail: turbo@kamiturno.ru

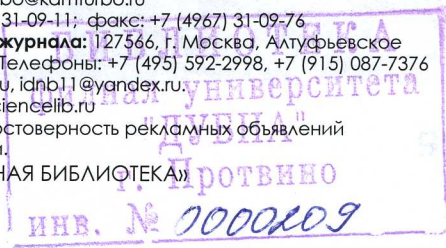
Тел.: +7 (4967) 31-06-79, 31-09-11; факс: +7 (4967) 31-09-76

Юридический адрес журнала: 127566, г. Москва, Алтуфьевское шоссе, д. 48, корп. 2. Телефоны: +7 (495) 592-2998, +7 (915) 087-7376

E-mail: info@sciencelib.ru, idnb11@yandex.ru

Internet: http://www.sciencelib.ru

Ответственность за достоверность рекламных объявлений несут рекламодатели.



МЕТОДЫ МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

METHODS OF MEDICAL PHYSICS

А. А. Соколов,

доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой «Технической физики» филиала «Протвино» государственного университета «Дубна»

Медицинская физика – это комплексная дисциплина, направленная на исследование, разработку и применение физических методов в медицине. В статье описывается применение достижений ядерной физики в медицине. Рассмотрены вопросы применения эффектов ядерной физики в лучевой диагностике и терапии; говорится о медицинской визуализации, применении компьютерной томографии. Рассмотрены вопросы использования информационных технологий для обработки результатов медицинских исследований, для диагностики заболеваний.

Ключевые слова: медицинская физика, радиоизотопные методы диагностики, сцинтиграфии, компьютерная томография, лучевая терапия, протонная терапия, нейронные сети

A. A. Sokolov,

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department of Technical Physics "Protvino" branch of "Dubna" State University

Medical physics is a complex discipline focused on a research, development and application of physical methods in medicine. The article describes the application of the achievements of nuclear physics in medicine. Nuclear physics effects in the radiation diagnostics and therapy are considered; it refers to medical imaging, the use of computed tomography. Applications of information technologies for the processing of the medical research results, to diagnose the disease are considered.

Keywords: medical physics, radioisotopes for diagnosis, scintigraphy, computed tomography, radiation therapy, proton therapy, neural networks

Медицина и физика всегда были тесно взаимосвязаны. С самого возникновения медицина, наряду с лекарствами, использовала для лечения такие физические факторы, как механические воздействия, тепло, холод, звук, свет.

Плодотворно эти области знания стали взаимодействовать примерно с XIX века, когда в физике было открыто электричество, начали изучаться оптические явления и, в частности, их связь со зрением, с работой глаза. Так, немецкий ученый Г. Гельмгольц предложил рассматривать глаз как оптический прибор. Им были изобретены такие приборы, как офтальмоскоп и офтальмометр, используемые и в настоящее время для измерения параметров глаза – этой сложной оптической системы. Изобретение этих приборов по существу положило начало современной офтальмологии.

Этот период характеризуется активным изучением различных физических явлений (механических, тепловых, электрических, оптических и др.), их связи с работой человеческого организма. Это были в основном научные исследования в области

физики и медицины. Реального использования физических явлений в процессах диагностики и лечения заболеваний в это время еще не было. В практической медицине использовалась лекарственная терапия, хирургия.

Следующий этап взаимодействия медицины и физики (конец XIX – середина XX вв.) связан с открытием рентгеновских лучей и радиоактивности с изучением электромагнитного излучения. Именно в это время немецкий физик В. Рентген открыл возможность, используя ионизирующее рентгеновское излучение, получать снимки костной ткани животных и человека (рис. 1).

Применение рентгеновского излучения в медицине развивалось очень быстрыми темпами. Уже в начале XX века в Европе, Америке, России в медицинских клиниках использовались рентгеновские аппараты. Рентгеновское излучение начали использовать не только в диагностике, но и в терапии онкологических заболеваний. Было обнаружено, что это излучение может разрушать клетки живой ткани. И если это клетки злокачественной опухоли, то и ди

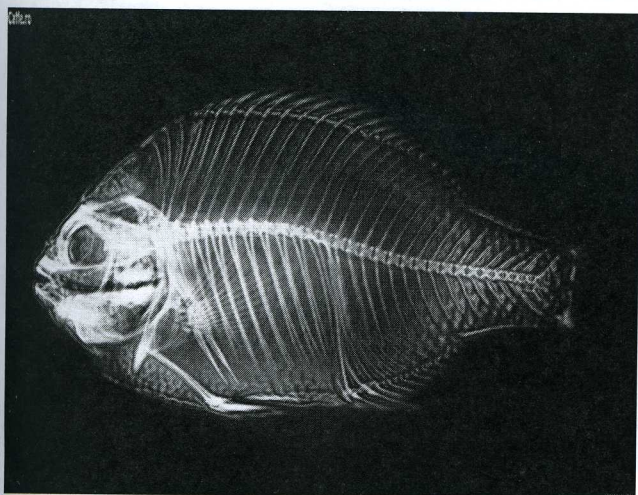


Рис. 1. Снимок рыбы в рентгеновских лучах

разрушение с использованием рентгеновского излучения может приводить к подавлению опухоли и лечению организма. Применение рентгеновского излучения дало начало новому направлению в медицине – лучевой диагностике, были сделаны первые шаги к появлению лучевой терапии.

Начало XX века было веком многочисленных открытий в атомной физике. В это время была открыта радиоактивность, т.е. способность атомного ядра самопроизвольно распадаться с испусканием α -, β - и γ -частиц. Пучки таких частиц, как и рентгеновские лучи, пытались использовать для лучевой терапии. В это время также были созданы ускорители заряженных частиц, позволявшие увеличивать энергию β -частиц (электронов), что необходимо для их успешного применения в медицине. Дальнейшее совершенствование ускорителей, источников рентгеновского излучения открывало новые возможности для их использования в медицине.

В 30-е годы XX века появилась **ядерная медицина**, где для лечебной диагностики и терапии стали использоваться радиоактивные изотопы – вещества, обладающие свойством радиоактивного излучения (чаще всего это гамма-излучение). В основе радиоизотопной диагностики лежит применение метода меченых атомов [1]. В этом методе используется тот факт, что по химическим и многим физическим свойствам радиоактивный изотоп неотличим от устойчивых изотопов того же элемента. В то же время наличие и местоположение радиоактивного изотопа может быть опознано по его излучению.

При внесении смеси радиоактивных и нерадиоактивных атомов элемента в какую-либо среду (например, внутрь живого организма) каждый атом радиоактивного изотопа при радиоактивном распаде сигнализирует с помощью излучения о своем положении в данный момент времени. Каждый атом радиоактивного изотопа является меткой, с помощью

которой можно проследить за поведением всех атомов данного элемента, за их перемещением. То есть, добавляя к исследуемому веществу радиоактивный изотоп и улавливая в дальнейшем его излучение, мы можем проследить путь этого вещества в организме.

Радиоизотопные методы диагностики [2] основаны на том, что в организм пациента вводятся радиоактивные изотопы вещества, которое накапливается преимущественно в определенном органе. Радиоактивные изотопы этого вещества, обладающие теми же химическим и физическим свойствами, накапливаются в этом органе и подают сигналы с помощью излучаемых частиц. Регистрируя эти сигналы, можно изучать состояние данного органа.

Радиоизотопные исследования проводятся для:

- 1) оценки функционирования того или иного органа и изменения его функционирования при различных заболеваниях;
- 2) получения изображения органов и выявления в них очагов воспаления, опухолей.

В первом случае излучение изотопа, поступающего в орган в течение определенного времени, улавливается счетчиками радиоактивности. Полученные сигналы затем передаются на компьютер и обрабатываются. В результате этой обработки можно получить зависимость от времени накопленного в органе количества изотопа. Так оценивается функция органа по поглощению и выведению определенных веществ.

Такой подход применяется, например, для оценки функции щитовидной железы, который позволяет выявить заболевания, протекающие с повышенной или пониженной функцией железы. Процедура сканирования щитовидной железы проводится следующим образом: пациенту вводят радиоактивный препарат, содержащий микроскопические дозы изотопа йода или технеция. С током крови изотопы распространяются по всему организму и накапливаются в основном в тканях щитовидной железы. Затем пациента помещают в специальный прибор – гамма-камеру, которая улавливает излучение, испускаемое радиоизотопами. В этой камере проводится непосредственное сканирование щитовидной железы. Полученные данные по регистрации излучения изотопов обрабатываются компьютером.

Второй подход к использованию радиоактивных изотопов – получение с их помощью изображения органа. Излучение изотопов в определенном органе регистрируется гамма-камерой. На основании совокупности сигналов от изотопов, распределенных по органу, компьютер строит изображение данного органа. Можно получить изображения сердца, печени, почек, щитовидной железы и других органов. Важно найти вещества, избирательно накапливающиеся

в этих органах, и вместе с ними вводить соответствующие изотопы. Подобные исследования называются **сцинтиграфией** органов. Можно привести много примеров сцинтиграфии органов.

Сцинтиграфия сердца с радиоактивным таллием (таллий-201) применяется для оценки кровообращения в сердце при стенокардии (стенокардия – это появление резкой боли или дискомфорта в области груди, вызываемое недостатком кровоснабжения в определенном участке сердца). Введенный в организм таллий захватывается клетками сердца пропорционально кровотоку в нем. При нарушениях кровотока у больных на изображении сердца (сцинтиграмме) появляются очаги уменьшенного накопления изотопа.

Сцинтиграфия сердца с пирофосфатом технеция (технеций-99м) применяется для выявления инфаркта миокарда. Пирофосфат технеция накапливается обычно в очагах некроза, т.е. в местах местной гибели ткани в организме. В случае инфаркта миокарда, когда происходит гибель участка сердечной мышцы, обусловленная нарушением кровообращения на этом участке, накопление пирофосфата происходит в отмерших клетках сердца.

Существует много других примеров сцинтиграфии органов.

На начальных этапах развития использовалась планарная сцинтиграфия, дающая плоскостное изображение органа. В настоящее время чаще применяется компьютерная томография, дающая возможность получать трёхмерные изображения органов (рис. 2). Для получения объемного изображения необходимо использовать вращающийся детектор. Поэтому соответствующие приборы – томографы – являются более сложными.

Во время радиоизотопных исследований пациент получает определенную дозу радиации. Анализ применения радиоактивных изотопов для диагностики показывает, что их использование практически безопасно для пациента. Полученная доза не превышает тех уровней радиоактивного излучения, которым подвергается организм при рентгеногра-

фии грудной клетки. Нужно отметить, что применяемые радиоактивные изотопы быстро выводятся из организма и оказывают минимальное повреждающее действие.

Итак, радиоактивные изотопы нашли своё применение в медицине. Они широко используются как для разнообразных методов диагностики, так и для терапии болезней человека (см. ниже). Развитие этого метода связано с дальнейшим увеличением его безопасности, снижением стоимости. В частности, производится поиск и исследование новых ультракороткоживущих радиоизотопов, периоды полураспада которых составляют несколько часов; равняются новейшим методам компьютерной томографии, позволяющие измерять даже малые количества радиоактивности, точно указывая местонахождение патологии. К радиоактивной диагностике тесно примыкает другой раздел медицинской диагностики, а именно – **медицинская визуализация**, занимающаяся неинвазивным (т.е. атравматичным, бескровным) исследованием организма человека при помощи физических методов с целью получения изображения внутренней структуры органов. Для этого, в частности, могут использоваться звуковые волны (в основном ультразвук); электромагнитное излучение, в том числе рентгеновское излучение; постоянное и переменное электромагнитное поле; частицы, излучаемые радиоактивными изотопами. Одним из основных методов медицинской визуализации в настоящее время является **компьютерная томография** [3]. Томография – это метод неразрушающего получения послойного изображения внутренней структуры объекта. Применяемый метод называется компьютерной томографией потому, что он основан на компьютерной обработке полученных послойных изображений органа для получения его объемного изображения (рис. 3).

Существует несколько видов томографии, отличающихся способами получения изображения определенного слоя исследуемого органа. Эти способы основаны на использовании различных физических явлений.

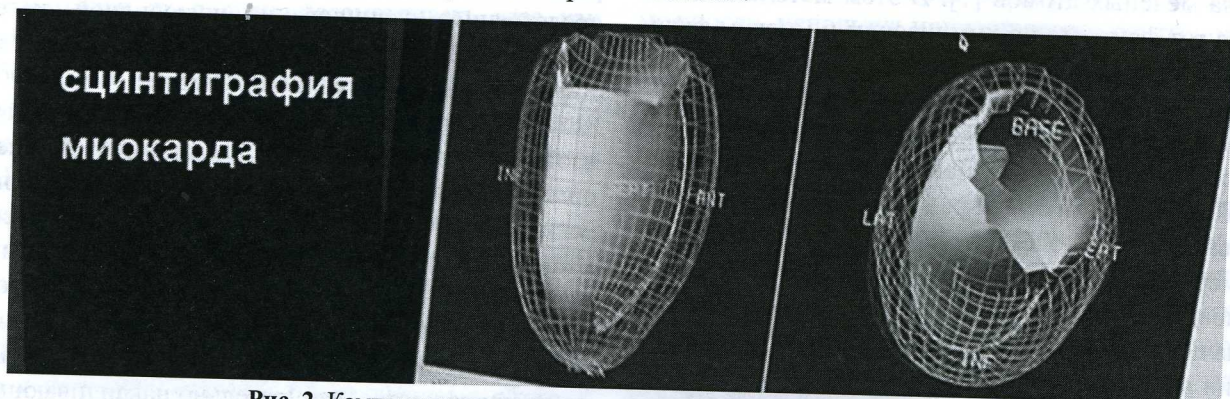


Рис. 2. Компьютерная модель трехмерной сцинтиграфии миокарда

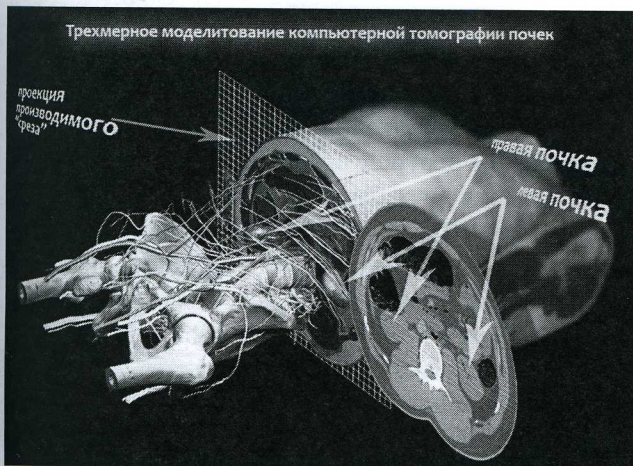


Рис. 3. Трехмерная модель компьютерной томографии почек

В настоящее время рентгеновская компьютерная томография является основным томографическим методом исследования внутренних органов человека с использованием рентгеновского излучения. В рентгеновской томографии на начальном этапе в основном использовался метод классической или линейной томографии, обеспечивающий получение на пленке рентгеновского изображения только необходимого слоя (рис 3). После многократного просвечивания объекта в различных пересекающихся направлениях и получения его плоскостных снимков вдоль этих направлений необходимо, используя эти снимки, реконструировать объемное изображение объекта. Для этого применяются компьютерные программы, использующие методы вычислительной томографии. Эта область математики занимается разработкой математических методов и алгоритмов реконструкции трехмерного изображения объекта по его послойным цифровым изображениям. Известны тысячи алгоритмов, применяемых для решения задач вычислительной томографии.

История развития томографии насчитывает десятки лет. Одним из важных этапов было создание в 1971 г. первого компьютерного рентгеновского томографа. Примерно в это же время была решена задача восстановления объемного изображения объекта. В 1979 г. «за разработку компьютерной томографии» американский физик Аллан Маклеод Кормак и английский инженер-физик Годфри Ньюболд Хаунсфилд были удостоены Нобелевской премии по физиологии и медицине.

Современный компьютерный томограф представляет собой сложный программно-технический комплекс (рис. 4). Механические узлы и детали выполнены с очень высокой точностью. Для регистрации прошедшего через среду рентгеновского излучения используются сверхчувствительные детекторы. Очень жесткие требования предъявляются

к рентгеновским излучателям. Неотъемлемой частью аппарата является обширный пакет программного обеспечения, позволяющий проводить весь спектр компьютерно-томографических исследований, проводить обработку и анализ полученных изображений. Обычно стандартный пакет программного обеспечения дополняется специализированными программами, учитывающими особенности сферы применения конкретного аппарата.

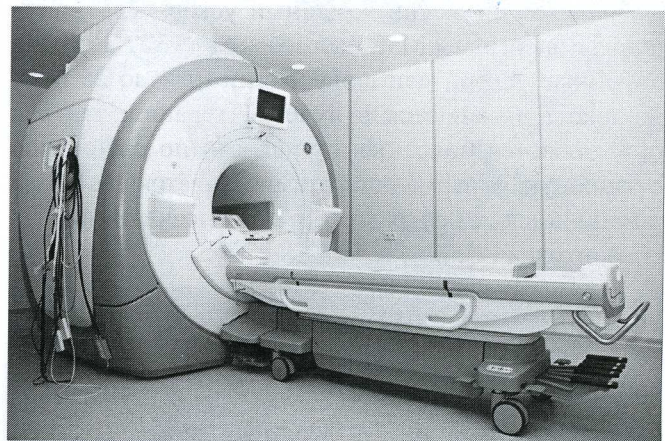


Рис. 4. Современный компьютерный томограф

Компьютерная томография после создания этого метода диагностики быстро развивалась. К настоящему времени созданы компьютерные томографы 5-го поколения, которые позволяют не только получать изображения, но и дают возможность наблюдать почти «в реальном» времени физиологические процессы, происходящие в головном мозге, в сердце.

В настоящее время рентгеновская компьютерная томография является основным томографическим методом исследования внутренних органов человека. Однако существуют другие виды компьютерной томографии, использующие другие виды излучений, другие методы зондирования организма с помощью иных физических явлений. Это, например, однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), магнитно-резонансная томография (МРТ) и др. Каждый из этих видов томографии имеет свои особенности и свою специфику применения.

Лучевая терапия – это метод лечения пациентов с помощью ионизирующего излучения. Облучение является одним из основных методов лечения онкологических заболеваний. Эффект облучения приводит к нарушению процессов саморегуляции в клетках злокачественной опухоли, прекращению их кровоснабжения. С течением времени это приводит к гибели опухоли. Современные технологии лучевой терапии являются очень эффективными, и поэтому для лечения примерно 80% онкологических заболеваний рекомендуется именно этот метод.

Как уже отмечалось, в качестве источников ионизирующего излучения могут быть использованы рентгеновские источники, радиоактивные изотопы (рис. 5). Широкое распространение получило применение ускорителей заряженных частиц. В настоящее время во многих больничных учреждениях имеются небольшие **электронные линейные ускорители**, генерирующие интенсивное рентгеновское излучение, применяемое для терапии опухолей. Первый медицинский линейный ускоритель электронов с энергией 4 МэВ был создан в 1950 г. Сегодня линейные ускорители с энергиями от 4 до 25 МэВ широко применяются в лучевой терапии, так как они являются более эффективными по сравнению с радионуклидными аппаратами. В настоящее время в медицинских центрах работают тысячи линейных ускорителей [4].

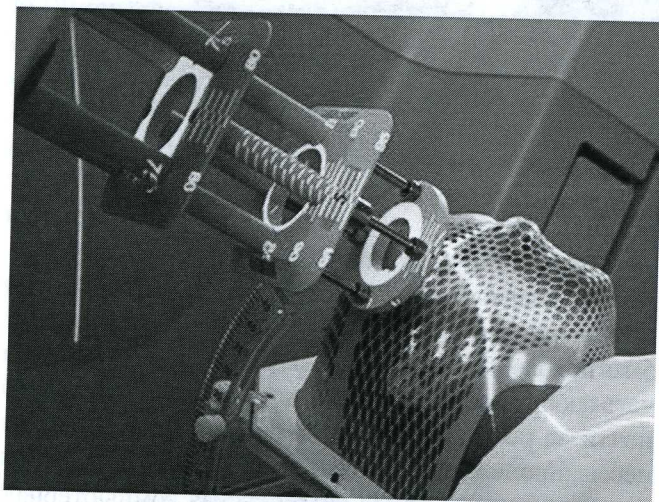


Рис. 5. Лечение пациента с использованием ионизирующего излучения

Не так широко в медицине используются кольцевые ускорители: циклотроны или синхротроны, генерирующие протонные пучки. Преимущество протонных пучков в терапии опухолей перед рентгеновским излучением состоит в более локализованном энерговыделении. Пучки протонов определенной энергии позволяют с миллиметровой точностью выжигать глубокие опухоли без существенного воздействия на остальные ткани. Поэтому **протонная терапия** особенно эффективна при лечении опухолей мозга и глаз, когда повреждение окружающих здоровых тканей должно быть минимальным.

Первые опыты по лечению онкологических больных протонными пучками были проведены в конце 50-х годов в США и Швеции. В России эти работы начали проводить с середины 60-х годов в ИТЭФ (Москва), ОИЯИ (Дубна) и ЛИЯФ (Гатчина). За эти годы был получен большой опыт лечения больных с опухолями мозга и глаз, которые составляют 5–6% в структуре онкологических заболеваний. Протонная

терапия проводится примерно в 20 лечебных центрах США и Европы, созданных на базе физических ускорителей. Дальнейшее развитие этого метода связано с увеличением количества специализированных медицинских центров протонной лучевой терапии, первый из которых был запущен в 1990 г. в США. В настоящее время в мире для протонной лучевой терапии используются ускорители на основе циклотрона. Установки такого типа имеют ряд недостатков, в частности, они очень дороги. Например, в США за последние 20 лет было построено менее 10 подобных установок для протонной терапии.

В ЗАО «ПРОТОМ» (г. Протвино) разработана технология, расширяющая возможности применения пучков протонов в медицинских целях, создана уникальная установка, пригодная для массового производства и широкого использования в лечении онкологических заболеваний. Ее изготовление и эксплуатация не требуют больших затрат. Установка представляет собой компактный, диаметром всего несколько метров, ускоритель протонных пучков. Она не требует дополнительного оснащения, поэтому весь медицинский комплекс, которым с помощью пульта управляет один человек, может работать в помещении площадью около 50 кв. м. Установка относительно недорога и может быть приобретена для нужд небольшой клиники. Кроме того, установка имеет ряд преимуществ в самом процессе протонной терапии по сравнению с используемыми установками на основе циклотрона [5]. Создание этой установки открывает большие перспективы для широкого использования метода протонной терапии для лечения онкологических заболеваний.

Для лечения онкологических заболеваний применяются также пучки легких ионов (в основном это ионы углерода). Основное преимущество **ионной лучевой терапии** в сравнении с протонной связано с радиобиологическими свойствами ионов, позволяющими эффективно разрушать даже опухоли устойчивые к традиционным видам излучения.

Количество клинических центров, в которых используется ионная лучевая терапия, существенно меньше, чем протонных. Это связано с относительной сложностью и с высокой стоимостью их создания. Наиболее интенсивные исследования применения ионной лучевой терапии осуществляются в настоящее время в Японии и Германии. Клинические результаты доказали, что применение углеродных пучков позволяет достичь очень высокого уровня излечения онкологических заболеваний. В России работы по лучевой терапии ионами углерода начали проводиться в ФГБУ ГНЦ ИФВ (г. Протвино). Считается, что в России целесообразно создать 1–2 центра ионной терапии на имеющемся

лечебных центрах, в том числе физических. Этот метод связанный с использованием нейронной терапии, в 1990 г. в США.

Эта методика лучевой терапии основана на использовании циклотрона. Несмотря на недостатки, например, в США имеется менее 10 подобных установок. Разработана методика применения нейронной терапии для массового лечения в лечении опухолей и экстракраниальных. Установка имеет диаметр всего 10 см. Оснащена, по некоторым данным, с помощью которой может работать врач. Установка была приобретена в 1990 г. и с тех пор, установка используется в процессе проведения протонной терапии [5]. Создание перспектив для протонной терапии.

При лечении заболеваний при помощи протонной терапии (в основном при лечении опухолей) преимущество ионизирующей протонной терапии заключается в том, что протонная терапия позволяет даже опухоль, и излучения.

В протонной терапии, в которых преимущество заключается в том, что стоимость их исследования и проведения терапии осуществлена в Германии. Это применение протонной терапии очень высокоэффективных заболеваний. Протонная терапия ионами протонной терапии ГНЦ ИФВЭ РАН является целесообразной на имеющихся

установках ионных пучков, а затем 2–3 клинических центра ионной терапии.

В последние годы в области лучевой терапии появились новые технологии, такие как Гамма-нож, Кибер-нож.

Гамма-нож – установка для стереотаксической радиационной хирургии опухолей головного мозга (рис. 6). (Термин стереотаксическая хирургия означает «выжигание опухоли пучком частиц без хирургического вмешательства»). В этой установке содержится ~200 радиоактивных источников ионизирующего гамма-излучения. Пучки от радиоактивных источников направляются в опухолевую точку, где накапливаемая доза во много раз превышает дозу в окружающих областях. Доза, получаемая опухолью, приводит к ее гибели, При этом здоровые клетки получают незначительную дозу облучения.

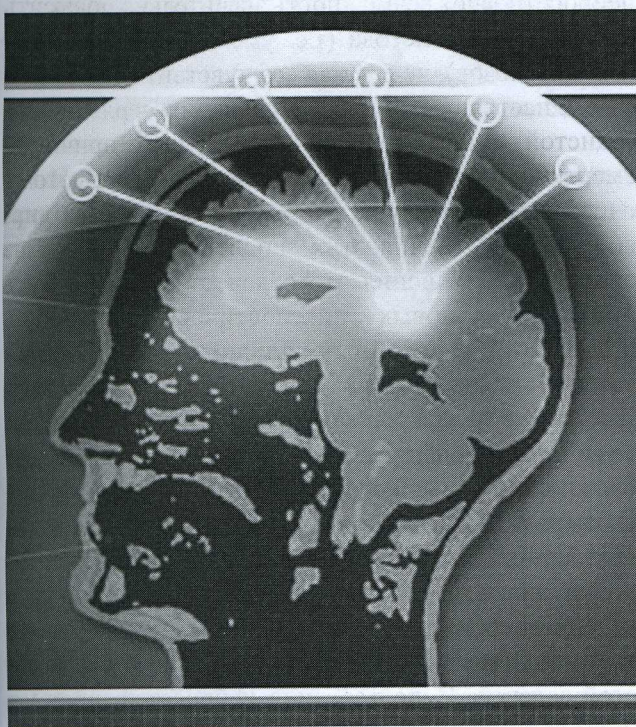


Рис. 6. Схема работы установки Гамма-нож

Главным преимуществом Гамма-ножа является отсутствие осложнений, которые могут возникать при обычном хирургическом вмешательстве. Весь курс лечения опухоли мозга проводится в течение одного сеанса. Пациенту даже нет необходимости находиться в клинике, сама процедура может проводиться амбулаторно. При использовании Гамма-ножа достигается высокая точность наведения пучков гамма-излучения (~доли миллиметра) в заданную точку, в результате чего окружающие здоровые ткани практически не затрагиваются. Применение Гамма-ножа обходится в среднем на 25–30% дешевле традиционного нейрохирургического вмешательства.

В 1992 г. в США была создана еще одна система для лучевой терапии, получившая название **Кибер-нож** (рис. 7). Первая операция на этой установке была проведена в 1999 г.

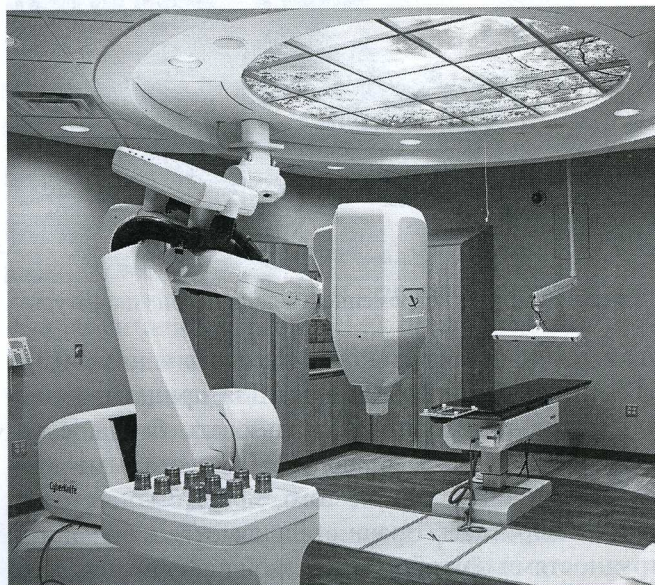


Рис. 7. Установка Кибер-нож

Кибер-нож содержит два основных элемента: легкий линейный ускоритель, создающий излучение, и роботизированную руку-манипулятор, позволяющую направлять пучок на любую часть тела с любого направления. Кибер-нож позволяет осуществлять облучение несимметричных по форме мишеней с точностью до 0,5 мм. В отличие от Гамма-ножа, который разработан для радиохимиотерапии мозга, с помощью Кибер-ножа можно удалять опухоли и метастазы по всему телу. Это возможно благодаря точным системам слежения за положением опухолей. Положение опухолей и метастазов, подлежащих облучению, определяется с помощью компьютерной томографии в процессе предварительного планирования операции.

Создание установок стереотаксической хирургии Гамма-нож, Кибер-нож – это одно из наиболее ярких достижений ядерно-физических технологий в медицине. В настоящее время в мире работает несколько сотен подобных установок. Однако их количество растет, и география их использования быстро расширяется.

Как уже отмечалось, функционирование современной аппаратуры в медицине невозможно без широкого применения математики, информационных технологий. В последнее время также начинает возрастать применение информационных технологий, математики в самом лечебно-диагностическом процессе (рис. 8).

Принятие решения в клинической практике – это сложный, многофакторный процесс. Его целью



Рис. 8. Комплекс современной медицинской аппаратуры

является точная постановка диагноза и назначение эффективного курса лечения. Для принятия решений здесь необходимо использовать большое количество данных о пациенте. Используемые клинические данные, кроме того, могут быть неточны и противоречивы. Врачи сталкиваются с большими трудностями при обработке такой информации. Чтобы не жертвовать полнотой анализа информации, можно использовать методы компьютерной поддержки принятия решений. Для этого создаются медицинские экспертные системы [6], в которых применяются средства из области искусственного интеллекта. Такие системы помогают решать задачи диагностики, прогнозирования, выбора стратегии и тактики лечения и др.

Среди экспертных медицинских систем особое место занимают самообучающиеся интеллектуальные системы. Они основаны на методах автоматической классификации ситуаций из реальной практики или на методах обучения на примерах. Наиболее яркий пример таких систем – **искусственные нейронные сети** [7] (рис. 9). Искусственные нейронные сети это системы, моделирующие на компьютере информационную работу мозга и обладающие чертами ис-

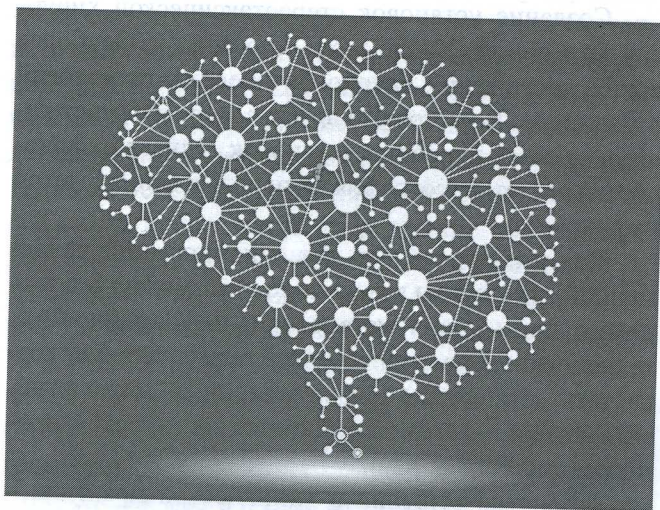
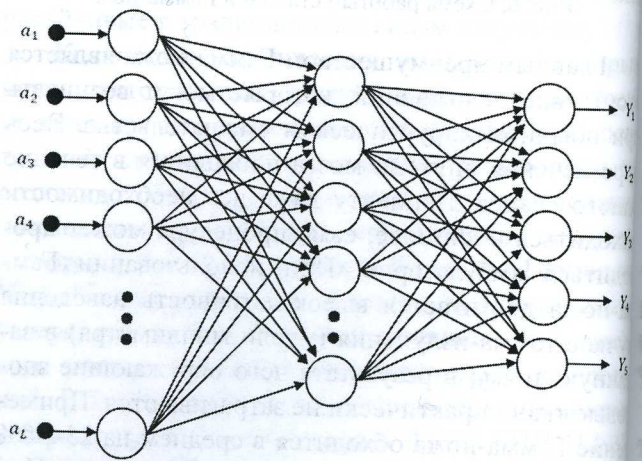


Рис. 9. Схема искусственной нейронной сети, моделирующей работу мозга

кусственного интеллекта. Нейросети способны принимать решения, основываясь на выявляемых им скрытых закономерностях в многомерных данных. Они способны обучаться на примерах и «узнавать» в потоке зашумленной и противоречивой информации приметы ранее встречавшихся образов и ситуаций. Нейросети не программируются, то есть для них не используются заранее определенные правила для принятия решения, они обучаются делать это на примерах. В частности, при применении в медицинской диагностике возможно обучить нейронную сеть ставить правильный диагноз, обучив ее на известных примерах. В процессе обучения нейросеть учится выдавать «правильные ответы». Обученная нейросеть способна к обобщению, т.е. она может поставить правильный диагноз и для случаев, которые не встречались ранее. В медицинской диагностике нейросети дают возможность значительно повысить специфичность метода (т.е. уменьшить долю ложных диагнозов), не снижая его чувствительности.

В настоящее время заболевания сердечно-сосудистой системы являются ведущей причиной смертности и инвалидности во всем мире. Поэтому очень важным является повышение качества диагностики и лечения этих заболеваний. Одним из способов повышения этого качества может быть применение новых диагностических методов в частности, основанных на использовании нейронных компьютерных систем.

Для принятия решений в кардиологии о пациенте собираются данные различного сорта. Это может быть медицинская история пациента, электрокардиограмма (ЭКГ), эхокардиограмма, результаты радионуклидных исследований и др. Для точной постановки диагноза и назначения эффективного курса лечения необходимо комплексно проанализировать этот обширный массив данных, что является непростой задачей. Использование нейросетей помогает



и способны при-
являемых ими
мерных данных.
вах и «узнавать»
чивой информа-
образов и ситу-
тся, то есть для
еленные правила
ются делать это
менении в меди-
чить нейронную
обучив ее на из-
чения нейросеть
еты». Обученная
е.е. она может по-
случаев, которые
ской диагностике
тельно повысить
шить долю лож-
ствительности.
ния сердечно-со-
дущей причиной
ем мире. Поэтому
ие качества диа-
ваний. Одним из
ства может быть
еских методов,
льзовании нейро-

врачу справиться с этой задачей и принять правильное решение.

В кардиологии нейронные сети начали успешно применяться для диагностики инфаркта миокарда, интерпретации ЭКГ, в ультразвуковых обследованиях, при определении доз лекарств в медикаментозном лечении. Применение нейросетей помогает улучшить результаты диагностики.

В онкологии нейронные сети используются для диагностики рака молочной железы, для выявления группы риска рака предстательной железы, для предсказания механизма действия препаратов, применяемых при химиотерапии злокачественных опухолей.

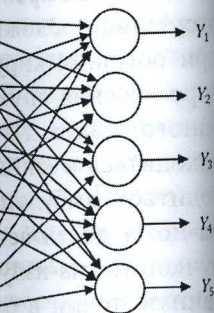
Существуют и другие области медицины, в которых применяются технологии искусственных нейронных сетей. Это такие области, как рентгенология, урология, психиатрия, травматология и др.

Нейросетевые методы обработки данных применяются при проведении лабораторных анализов и тестов. Так, существует нейросетевой метод интерпретации лабораторных данных биохимического анализа крови.

Нейросетевые модели могут использоваться для прогнозирования исходов заболеваний, для прогнозирования исходов хирургического вмешательства, в демографии, в организации здравоохранения.

Разработки по применению нейросетей в медицине ведутся в большинстве развитых стран. Однако в настоящее время применение нейросетевых технологий в медицинских учреждениях сравнительно невелико. В России число таких разработок, а тем более случаев их практического применения, ограничено.

Искусственные нейронные сети – это сравнительно новый инструмент в медицине. Они не предназначены для замены обычной процедуры принятия клинического решения, они предназначены для помощи в этой процедуре. Ценность искусственных нейронных сетей состоит в том, что анализирующие системы на их основе могут быть развиты сравнительно быстро, если доступны соответствующие данные. Другие возможности нейронных сетей состоят в том, что они позволяют извлекать гораздо



более сложные корреляции из исследуемого комплекта клинической информации, чем это возможно при работе с обычными аналитическими методами. Обнаружение более глубоких закономерностей дает шанс лучше оценить состояние пациента и поставить правильный диагноз.

Оснащение медицинского центра любой направленности программными пакетами на основе нейросетей почти гарантированно приведет к появлению новых научных результатов и новых диагностических методик.

Итак, современная медицина широко использует методы диагностики и лечения, основанные на фундаментальных физических принципах и явлениях. В медицине используется сложная электронная аппаратура, внедряются современные информационные технологии. В связи с этим практическая медицина и научно-исследовательские медицинские учреждения нуждаются в специалистах, имеющих фундаментальную подготовку по физике, математике, электронике, информатике и глубоко понимающих медицинские проблемы и задачи.

Литература

1. Несмеянов А. Н. Меченые атомы. М.–Л., 1951; Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012.
2. Линденбратен Л. Д., Королюк И. П. Медицинская радиология. М.: Медицина, 2000; Труфанов Г. Е. и др. Лучевая диагностика. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013.
3. Хофер М. Компьютерная томография. М.: Мед. лит., 2008.; Терновой С. К., Абдураимов А. Б., Федотенков И. С. Компьютерная томография. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008.
4. Труфанов Г. Е., Асатуриян М. А., Жаринов Г. М., Малаховский В. Н. Лучевая терапия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012.
5. Балакин В. Е. Пучки протонов вместо гамма-лучей. Научград Наука Производство Общество. 2014. № 1(1). С. 24–31.
6. Продеус А. Н., Захрабова Е. Н. Экспертные системы в медицине. Киев: ВЕК, 1998.
7. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М., 2006.