

УДК 608.1

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОТКРЫТИЯ – ПРОРЫВ В СОВРЕМЕННОЙ
МЕДИЦИНЕ****Белый Вячеслав Сергеевич,**

кандидат технических наук,

доцент кафедры физики ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева», г. Москва, el.belaya2015@yandex.ru**Гутова Елизавета Владимировна,**студентка 2 курса ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени
Д.И. Менделеева», г. Москва, el.belaya2015@yandex.ru**Лаптева Лилия Дмитриевна,**студентка 2 курса ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени
Д.И. Менделеева», г. Москва, el.belaya2015@yandex.ru**Аннотация**

В настоящей научной статье представлены ключевые моменты истории зарождения и развития таких направлений медицинской диагностики как рентгеноскопия и томография в контексте эволюции физико-химических технологий, берущих своё начало с конца XIX – начала XX столетия. Показана значимость роли некоторых открытий в физике и химии начала XX века, которые вывели медицину на качественно новый уровень. Показана значимость реализации последних достижений современной прикладной физической химии в техническом обеспечении процедур диагностики, используемых в современной медицине.

Ключевые слова: медицинская диагностика, рентгеновское излучение, рентгеноскопия, томография, электромагнитная волна, закон Мозли, фотоэффект, комптоновское рассеяние.

**PHYSICO-CHEMICAL DISCOVERIES ARE A BREAKTHROUGH IN
MODERN MEDICINE****Vyacheslav S. Belyi,**

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor of the Department of Physics of the D.I. Mendeleev Russian University of
Chemical Technology, Moscow**Elizaveta V. Gutova,**

2nd year student of the D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow

Lidiya D. Lapteva,

2nd year student of the D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow

ABSTRACT

This scientific article presents the key points of the history of the origin and development of such areas of medical diagnostics as X-ray and tomography in the context of the evolution of physico-chemical technologies originating from the late XIX – early XX century. The importance of the role of some discoveries in physics and chemistry of the early twentieth century, which brought medicine to a qualitatively new level, is shown. The importance of the implementation of the latest achievements of modern applied physical chemistry in the technical support of diagnostic procedures used in modern medicine is shown.

Keywords: medical diagnostics, X-ray radiation, fluoroscopy, tomography, electromagnetic wave, Mosley's law, photoelectric effect, Compton scattering.

Введение. Современная наука и техника достигли невероятных высот, но мало кто задумывается о том, как они возникли. История создания науки и техники богата открытиями и изобретениями, которые в свою очередь привели к развитию новых технологий и методов диагностики и лечения. Медицинские технологии сегодня развиваются с большой скоростью и предлагают широкий спектр диагностических методов, позволяющих определить заболевания на самых ранних стадиях и назначить наиболее эффективное лечение. В этом ключевую роль играют направления визуализации, такие как рентгеноскопия и томография. Каждый из этих направлений обладает своими особенностями, параллельно работая на благо человека и его здоровья. Данная научная статья содержит историю создания и развития каждого из вышеуказанных направлений медицинской диагностики, которые помогают современной медицине обнаруживать заболевания и лечить их на самой ранней стадии. Научной основой для проведения исследования являются факты и доказательства, достаточно чётко и подробно описанные в [1, с. 155-166], [2, с. 443-451], [3, с. 143-151], а также в [4, с. 100-112].

Анализ состояния вопроса. Одним из основных открытий, которое вывело медицину начала XX века на качественно новый уровень, является открытие в 1895 году рентгеновского излучения немецким физиком Вильгельмом Рентгеном (далее – В. Рентгеном). Рентгеновские лучи представляют собой электромагнитные волны, значения длин λ которых по шкале электромагнитных излучений находятся между ультрафиолетовым излучением и гамма-излучением. В процессе продолжения своих исследований В. Рентгеном обнаружено, что открытые им лучи способны проникать в человеческую плоть. При этом, они не проникают в более плотную среду, чем мягкие ткани человеческого организма, например, в кость или свинец [5, с. 15]. Кроме того, имеется возможность фотографирования мягких тканей или внутренних органов человека или животного в диапазоне волн данного электромагнитного излучения. Рентгеновские лучи возникают при сильном отрицательном ускорении заряженных частиц посредством электрического или магнитного полей, либо при высокоэнергетических переходах, осуществляемых электронами, находящимися в составе электронных оболочек атомов [6, с. 27]. Оба таких эффекта имеют место в современных рентгеновских трубках. Внешний вид и схематическое изображение рентгеновской трубки показаны на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1. – Внешний вид рентгеновской трубки типа ЗБДМ2-100. Произведена заводом «Светлана» в СССР в 1979 году [7].

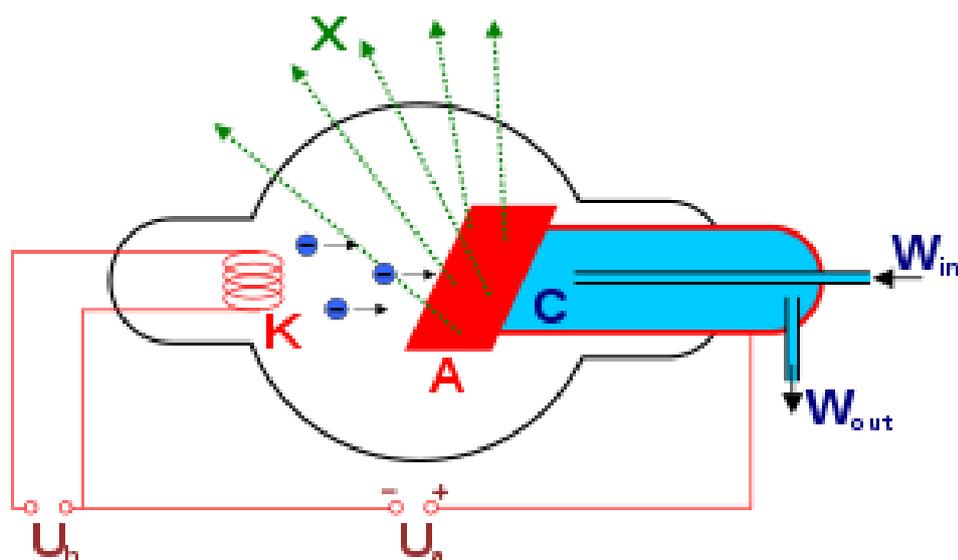


Рисунок 2. – Схематическое изображение рентгеновской трубки. «X» – рентгеновские лучи, «K» – катод, «A» – анод, «C» – теплоотвод, U_h – напряжение накала катода, U_a – ускоряющее напряжение, W_{in} – впуск водяного охлаждения, W_{out} – выпуск водяного охлаждения [8].

Основными конструктивными элементами таких трубок являются металлические катод и анод. В рентгеновских трубках электроны, испущенные катодом, ускоряются под действием разности потенциалов между анодом и катодом. При этом, рентгеновские лучи не испускаются, так как ускорение слишком мало. В процессе соударения с анодом, происходит их резкое торможение [9, с. 201]. При этом генерируется излучение в рентгеновском диапазоне волн с непрерывным спектром и одновременно выбиваются электроны из внутренних электронных оболочек атомов анода. На освободившиеся в электронных оболочках места, называемые вакансиями, переходят другие электроны атома из его внешних электронных оболочек. Это приводит к испусканию рентгеновского излучения с характерным для материала анода линейчатым энергетическим спектром. Речь

идёт о характеристическом излучении, частоты ν которого определяются в соответствии законом Мозли

$$\sqrt{\frac{\nu}{c \cdot R_{\infty}}} = (Z - \sigma) \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}} \quad (1)$$

В выражении (1):

R_{∞} – постоянная Ридберга;

σ – постоянная экранирования;

Z – порядковый номер элемента в таблице Менделеева;

n_1 и n_2 – главные квантовые числа внутренней орбитали, на которую осуществляется переход электрона, инициирующий излучение и внешней орбитали, с которой осуществляется переход.

В настоящее время аноды изготавливаются, главным образом, из керамики. Поверхность анода, взаимодействующая с ударяющимися электронами, выполняется, как правило, из молибдена или меди. Рассмотрим ряд основных направлений исследования, в которых используются вышеупомянутые разработки.

Рентгеноскопия. Издревле медицина руководствовалась лишь результатами визуального внешнего обследования больного организма. Исследование внутренностей организма представлялось возможным только после смерти последнего. В эпоху возрождения подобное исследование внутренностей организма стало неотъемлемой частью медицины. Огромным прорывом послужили эксперименты знаменитого немецкого физика В. Рентгена. Ученый занимался экспериментальными исследованиями наполненных газом трубок, через которые пропусклся электрический ток. По наблюдениям В. Рентгена на находящейся в тёмном помещении поверхности, покрытой кристаллами платиносинеродистого бария, имеет место зелёное свечение. Причиной возникновения этого свечения является реакция кристаллов на воздействие находящейся рядом работающей электровакуумной трубки Крукса (рисунок 3).



Рисунок 3. – Внешний вид трубки Крукса [10].

После отключения тока свечение экрана прекращалось, а при повторном включении возобновлялось. Поскольку трубка Крукса была обернута черной светонепроницаемой

бумагой, по предположению В. Рентгена в момент прохождения через трубку электрического тока она способна испускать невидимые человеческому глазу лучи, проникающие через непрозрачные среды и возбуждающие кристаллы бария. Эти неизвестные науке лучи В. Рентгеном впоследствии названы «X-лучами». На основе таких наблюдений позже В. Рентгеном создан первый аппарат, позволяющий получать изображения внутренних органов и костей человеческого организма. На таких снимках хорошо различимы очаги туберкулеза. Таким образом, начался процесс зарождения флюорографии. Замечено, что длительное нахождение живого организма под воздействием рентгеновского излучения без средств защиты приводит к разрушению тканей и разрыву химических связей в молекулярной структуре сложных химических соединений белков и углеводов. В современной медицине методы защиты от пагубного воздействия рентгеновских лучей значительно усовершенствованы.

Томография. Рентгеновский снимок обладает рядом недостатков, связанных с тем, что является плоским и двумерным. По этой причине появляется необходимость выполнения одновременно нескольких снимков-проекций объекта исследования с нескольких ракурсов. Инженерами на сегодняшний день усовершенствован рентгеновский аппарат до такой степени, что источник излучения можно перемещать вокруг пациента и каждый раз получать изображение под разными углами. При этом снимки остаются плоскими и без теней. Объёмные томограммы стали возможны благодаря развитию интегральной геометрии. В 1917 году австрийским математиком И. Родоном выведена зависимость коэффициента поглощения α , рентгеновского излучения от плотности материала ρ . Так на практике появляется возможность оценки степени задержки излучения костями, хрящами и другими тканями организма. Позже создана компьютерная программа преобразования большого количества рентгеновских снимков в объёмное изображение человеческого тела. Таким образом в современной медицине появляется такое направление как компьютерная томография (КТ). Первый прототип современного компьютерного томографа построен британским инженером Годфри Хаунсфилдом в 1969 году (рисунок 4).



Рисунок 4. – Внешний вид первого прототипа современного томографа [11].

Внешний вид современного томографа представлен на рисунке 5.



Рисунок 5. – Внешний вид современного компьютерного томографа [12].

Следует отметить, что эта технология является настоящим прорывом в медицине и помогает значительно улучшить диагностику и лечение многих заболеваний. Благодаря КТ существует возможность получения более точной информации о состоянии организма пациента и принятия правильного решения в выборе лечения.

Не стоит забывать об опасности взаимодействия с веществом. Рентгеновские лучи могут проникать сквозь вещество, причём различные вещества обладают различными поглощающими свойствами. Интенсивность рентгеновских лучей экспоненциально убывает в зависимости от пройденного пути в поглощающем слое вещества

$$I = I_0 \cdot e^{-k \cdot d}. \quad (2)$$

В выражении (2):

d – толщина слоя вещества;

k – коэффициент пропорциональности.

Коэффициент пропорциональности k определяется из соотношения

$$k \sim Z^3 \cdot \lambda^3. \quad (3)$$

Поглощение происходит в результате наличия явлений фотоэффекта и комптоновского рассеяния. Из-за ионизирующего характера рентгеновского излучения, оно оказывает воздействие на живые организмы, и может вызвать лучевую болезнь, лучевые ожоги и злокачественные опухоли. Поэтому при работе с рентгеновским излучением необходимо соблюдать меры защиты.

Выводы: В сфере томографии и рентгеноскопии сделаны значительные открытия благодаря развитию технологий и проведению научных исследований. Томография и рентгеноскопия стали надёжными инструментами в диагностике заболеваний, значительно улучшив качество лечения и увеличив число вылеченных пациентов. В современной медицине постоянно разрабатываются новые методы исследования с использованием рентгеновского излучения. Некоторые из них включают:

1. Компьютерная томография с высоким разрешением (HDCT) – это новый метод КТ, который позволяет получать изображения с более высоким разрешением и детализацией.

HDCT может быть особенно полезен для диагностики мелких опухолей и других небольших изменений в тканях.

2. Рентгеновская томография с использованием технологии «спектральной плотности» – это метод, который позволяет получать изображения с более высокой чувствительностью и специфичностью. Это может быть особенно полезно для диагностики заболеваний костей и других тканей.

3. Рентгеновская микроскопия – это метод, который позволяет получать с помощью рентгеновского излучения изображения таких мелких объектов, как клетки и ткани. Рентгеновская микроскопия может быть особенно полезна для исследования раковых клеток и других мелких изменений в тканях.

4. Рентгеновская томография с использованием технологии позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) – это метод, который позволяет получать изображения внутренних органов и тканей с помощью радиоактивных маркеров. ПЭТ может быть особенно полезен для диагностики раковых и других заболеваний, которые проявляются изменениями в метаболизме клеток.

Таким образом, технологический прогресс позволяет совершенствовать направления медицинской диагностики и расширять сферу их применения, что позволяет сократить количество ложных диагнозов и улучшить качество лечения.

Список литературы:

1. Белый, В. С. Особенности спектрального анализа пробы вещества с использованием низкотемпературной плазмы / В. С. Белый, Т. Н. Зайцева, А. В. Туранова // Обществознание и социальная психология. – 2022. – № 6(36). – С. 155-166. – EDN OFASJB;
2. Белый, В. С. Исследование явления внешнего фотоэффекта при взаимодействии видимого излучения с плоской металлической равномерно заряженной цинковой пластиной / В. С. Белый, Д. Д. Бабаев // E-Scio. – 2022. – № 3(66). – С. 443-451. – EDN VGJYIP;
3. Блохин М.А. Рентгеновское излучение// Физическая энциклопедия: в 5 томах. – М.: Большая российская энциклопедия, 1994. – Т. 4. – 704 с.;
4. Кузнецова Т.Н. Магнитно-резонансная томография: история возникновения, принцип работы, использование в диагностике и лечении / Т.Н. Кузнецова, В.Н. Березин. – М.: Медицинское информационное агентство, 2015. – 272 с.;
5. Щербаков А.В. Рентгеновские лучи: История создания и применения / Под ред. Каприкова Н.О. – М.: Медицинское информационное агентство, 2013. – 304 с.;
6. Щербаков, А. В., Шмаков Л.А., Суконина И.Г. История развития компьютерной томографии. – М.: Медицинское информационное агентство, 2016. – 224 с.;
7. Википедия, свободная энциклопедия [онлайн]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:USSR_x-ray_tube.jpg (дата обращения: 18.12.2023);
8. Знанию: образовательный портал. – Москва, 2009. URL: https://znanio.ru/media/prezentatsiya_po_fizike_na_temu_rentgenovskoe_izluchenie_-143405 (дата обращения: 18.12.2023);
9. Савельев И.В. Основы теоретической физики. Т.1. Механика и электродинамика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – С. 153-234;

10. The Cathode Ray Tube site. URL: <https://crtsite.com/page7-2.html> (дата обращения: 17.12.2023);
11. Introduction to Digital Radiography and PACS Clinical. URL: <https://clinicalgate.com/introduction-to-digital-radiography-and-pacs/> (дата обращения: 17.12.2023);
12. Все онкологи России: информационный портал. Москва, 2012. URL: <https://vrachonkolog.msk.ru/> (дата обращения: 18.12.2023).

References:

1. Bely, V. S. Features of spectral analysis of a substance sample using low-temperature plasma / V. S. Bely, T. N. Zaitseva, A.V. Turanova // Social studies and social psychology. – 2022. – № 6(36). – Pp. 155-166. – EDN OFASJB;
2. Bely, V. S. Investigation of the phenomenon of an external photoelectric effect in the interaction of visible radiation with a flat metal uniformly charged zinc plate / V. S. Bely, D. D. Babaev // E-Scio. – 2022. – № 3(66). – Pp. 443-451. – EDN BGJYIP;
3. Blokhin M.A. X-ray radiation// The Physical Encyclopedia: in 5 volumes. – M.: The Great Russian Encyclopedia, 1994. – Vol. 4. – 704 p.;
4. Kuznetsova T.N. Magnetic resonance imaging: the history of occurrence, principle of operation, use in diagnosis and treatment / T.N. Kuznetsova, V.N. Berezin. – M.: Medical Information Agency, 2015. – 272 p.;
5. Shcherbakov A.V. X-rays: The history of creation and application / Ed. Kaprikova N.O. – M.: Medical Information Agency, 2013. – 304 p.;
6. Shcherbakov, A.V., Shmakov L.A., Sukonina I.G. The history of the development of computed tomography. – M.: Medical Information Agency, 2016. – 224 p.;
7. Wikipedia, the free encyclopedia [online]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:USSR_x-ray_tube.jpg (date of application: 12/18/2023);
8. Knowledge: an educational portal. – Moscow, 2009. URL: https://znanio.ru/media/prezentatsiya_po_fizike_na_temu_rentgenovskoe_izluchenie_-143405 (date of application: 12/18/2023);
9. Saveliev I.V. Fundamentals of theoretical physics. Vol.1. Mechanics and electrodynamics. – M.: Nauka. Ch. ed. phys.-mat. lit., 1991. – pp. 153-234.
10. The Cathode Ray Tube site. URL: <https://crtsite.com/page7-2.html> (date of application: 12/17/2023);
11. Introduction to Digital Radiography and PACS Clinical. URL: <https://clinicalgate.com/introduction-to-digital-radiography-and-pacs/> (date of application: 12/17/2023);
12. All oncologists in Russia: information portal. Moscow, 2012. URL: <https://vrachonkolog.msk.ru/> (date of access: 12/18/2023).