

ЛУЧИ И ЛЮДИ, ОЗАРИВШИЕ НЕЙРОХИРУРГИЮ

Е. Н. Кондаков

Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. А.Л. Поленова – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России; Россия, 191104 Санкт-Петербург, ул. Маяковского, 12

Контакты: Евгений Николаевич Кондаков *evg-kondakov@yandex.ru*

В статье описаны основные этапы развития лучевых диагностических методов в нейрохирургии начиная с открытия В. Рентгеном X-лучей и заканчивая изобретением современных томографов. Особо отмечена роль русских и зарубежных ученых в этом преемственном процессе.

Ключевые слова: история нейрохирургии, лучевая диагностика, рентгеновские лучи, Нобелевская премия

Для цитирования: Кондаков Е.Н. Лучи и люди, озарившие нейрохирургию. *Нейрохирургия* 2018;20(2):97–105.

DOI: 10.17650/1683-3295-2018-20-2-97-105

Rays and people which enlightened neurosurgery**E. N. Kondakov**

A. L. Polenov Russian Research Institute of Neurosurgery – branch of V. A. Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia; 12 Mayakovsky St., Saint Petersburg 191014, Russia

The article describes the main stages of development of radiological diagnostic methods in neurosurgery from the discovery of x-rays by V. Roentgen and till the invention of modern tomographs. The role of russian and foreign scientists in this succession process is especially noted.

Key words: history of neurosurgery, radiodiagnostics, X-ray, Nobel Prize

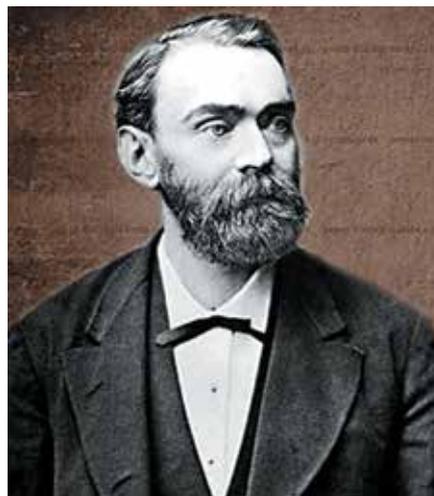
For citation: Kondakov E. N. Rays and people which enlightened neurosurgery. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2018;20(2):97–105.

Вторая половина XIX в. во многих странах характеризовалась достаточно высоким уровнем гражданской культуры. В эпоху модерна происходили не только коренные изменения социально-экономической сферы, но и существенное повышение образовательного уровня населения. В этот период мирового научно-технического прогресса произошла «революция в естествознании»: сделанные в различных областях науки открытия привели к коренному пересмотру устоявшихся представлений об окружающем мире.

И, может быть, этот яркий период расцвета творческих проявлений личности во всех сферах деятельности лучше всего характеризует решение Альфреда Нобеля об учреждении премий тем, «кто внес наиболее существенный вклад в науку, литературу или дело мира и чья деятельность принесла наибольшую пользу человечеству».

В ноябре 1895 г. А. Нобель составил окончательный текст завещания, которое предусматривало создание фонда для ежегодных премий, присуждаемых по 5 номинациям за достижения в физике, химии,

физиологии или медицине, литературе и в деле укрепления содружества наций (премия мира).



Основатель премиального фонда Альфред Бернхард Нобель (1833–1896)
Founder of the premium Alfred Bernhard Nobel (1833–1896)



Первый лауреат Нобелевской премии по физике (1901) Вильгельм Конрад Рентген (1845–1923)

First Nobel prize in physics (1901) winner Wilhelm Conrad Roentgen (1845–1923)

29 июня 1900 г. король Швеции Оскар II утвердил статус Нобелевского фонда, и с 1901 г. происходит ежегодное вручение Нобелевских премий 10 декабря.

В конце XIX в. почти одновременно произошли еще два события, во многом определившие становление и развитие нейрохирургии: открытие Вильгельмом Рентгеном «X-лучей» (ноябрь 1895 г., Вюрцбург, Германия) и создание Владимиром Михайловичем Бехтеревым первой специальной операционной для «мозговой хирургии» в клинике нервных болезней Императорской Военно-медицинской академии (ноябрь 1897 г., Санкт-Петербург).

Эти два, казалось бы, не связанных между собой события оказались в истории медицины неотделимы друг от друга. Нейрохирургия явилась одним из стимулов к совершенствованию рентгеновской аппаратуры, а последняя — стимулом к развитию этой самой наукоемкой хирургической специальности. Наиболее яркие свершения в этом взаимном процессе сопровождались, как увидим далее, вручением Нобелевских премий.

28 декабря 1895 г. ректор Вюрцбургского университета профессор Вильгельм Рентген на заседании Физико-медицинского общества сделал сообщение о новом виде лучей, открытых им 8 ноября 1895 г. и названных X-лучами, а также о первых результатах исследования их свойств.

Первый и самый знаменитый снимок, сделанный с помощью нового излучения в лаборатории В. Рентгена 22 декабря 1895 г. (кость левой руки госпожи Анны

Рентген), обошел весь мир. 23 января 1896 г. В. Рентген повторно выступил с сообщением об X-лучах в Вюрцбургском университете перед Физико-медицинским обществом. На этом заседании и было предложено называть открытые В. Рентгеном X-лучи рентгеновскими. Текст сообщения был изложен В. Рентгеном в брошюре, которую он отправил ведущим европейским ученым.

Открытие В. Рентгена вызвало живой отклик среди ученых многих стран мира. опыты с X-лучами были повторены в различных лабораториях и невероятно быстро нашли применение в медицине и некоторых технических специальностях.

В России это открытие также было встречено с огромным интересом. Достаточно вспомнить, что физик А.С. Попов в том же январе 1896 г. изготовил в Кронштадте рентгеновскую трубку. В это время главным командиром порта и попечителем Кронштадтского морского госпиталя был адмирал С.О. Макаров, а главным доктором госпиталя — В.И. Исаев. По их просьбе А.С. Попов, преподаватель Минного офицерского класса Кронштадта, изобретатель беспроволочного телеграфа и радиосвязи, создал в 1896 г. первую установку для получения и использования X-лучей. Эти аппараты были установлены в Кронштадтском морском госпитале, где был основан первый рентгенодиагностический кабинет, и на 8 кораблях Российского военноморского флота [1].

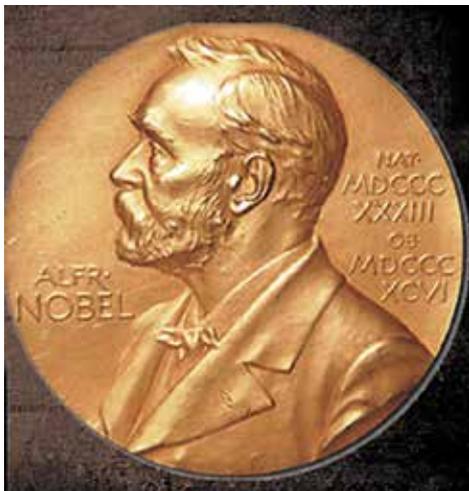
Важно подчеркнуть, что у истоков отечественной рентгенографии стояли такие выдающиеся деятели науки, как адмирал Степан Осипович Макаров (1849–1904), изобретатель минного транспорта, создатель теории непотопляемости и разработчик конструкции ледоколов; Александр Степанович Попов (1859–1904), профессор, автор многих изобретений в области физики и электротехники; почетный лейб-медик Василий Исаевич Исаев (1854–1911), крупный эпидемиолог, создатель системы хлорирования воды¹.

В знак признания заслуг этих отечественных ученых и для сохранения памяти о них в Кронштадте были установлены памятники.

Аналогичные опыты с рентгеновскими лучами были проведены в январе 1896 г. проф. Н.Г. Егоровым на кафедре физики Императорской Военно-медицинской академии и проф. И.И. Боргманом и А.Н. Гершуни в физической лаборатории Санкт-Петербургского университета [2].

15 февраля 1896 г. на научном собрании врачей клиники душевных и нервных болезней Императорской Военно-медицинской академии проф. В.М. Бехтерев выступил с докладом на тему: «Что может

¹В.И. Исаев, являясь главным доктором Кронштадтского морского госпиталя, был руководителем и наставником хирурга Андрея Львовича Поленова, которого после защиты им диссертации на соискание степени доктора медицины взял в ответственную экспедицию по изучению чумы в Астраханской губернии (1901). В дальнейшем А.Л. Поленов — основоположник травматологии и нейрохирургии в нашей стране.



Золотая медаль Нобелевской премии
Gold medal of the Nobel prize

ожидать нервная патология и психиатрия от открытия Рентгена». «Целый ряд нервных страданий, — говорил докладчик, — обусловлен изменениями в костях черепа и позвоночника, изменениями, которые могут быть распознаны с помощью лучей Рентгена...» Отметив далее, что тела, богатые фосфорнокислыми солями, задерживают лучи Рентгена, он продолжал: «Поэтому можно думать, что при известных условиях удастся снять сквозь череп поверхность серого вещества, богатого названными солями... инъецируя мозговые сосуды желатиной с сернокислым хинином, поглощающими лучи Рентгена, удастся, может быть, фотографировать эти сосуды *in situ*» [3].

С 1899 г. В. Рентген был директором Физического института при Мюнхенском университете, и именно там в 1901 г. он узнал, что стал лауреатом Нобелевской премии по физике «в знак признания необычайно важных заслуг перед наукой, выразившихся в открытии замечательных лучей, названных впоследствии в его честь».

В память о великом открытии и из уважения к личности В. Рентгена в 1920 г. в Ленинграде ему был установлен памятник в сквере перед зданием Государственного рентгенологического и радиологического института. В 1928 г. к 5-й годовщине со дня кончины В. Рентгена памятник был отлит в бронзе (художник Н.И. Альтман, скульптор В.А. Синайский)².

Открытие В. Рентгена позволило медицине сделать огромный шаг в развитии, и особенно широкие перспективы открылись перед диагностикой. Уже в первые годы XX столетия рентгенодиагностические аппараты были внедрены в повседневную деятельность лечебных учреждений по всему миру. Они использо-



Памятник В. Рентгену в Санкт-Петербурге
Monument to V. Roentgen in Saint Petersburg

вались и в клиниках, занимавшихся «мозговой хирургией». В некоторых из них были созданы специальные рентгеновские кабинеты, в которых, кроме решения диагностических задач, выполнялись и научные работы. Активно разрабатывались методики лучевого исследования позвоночника и черепа, что было особенно важно при их повреждениях и огнестрельных ранениях. Рентгеновские установки вошли в обязательный перечень обеспечения медицинской службы армий и флотов.

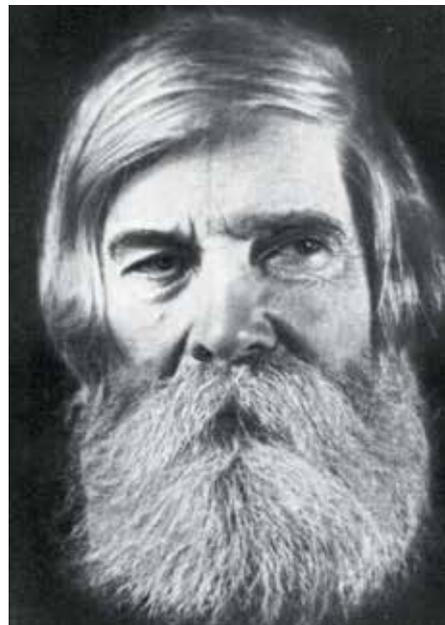
Эпохальным событием в развитии нейрохирургии явилось предложение американского хирурга Уолтера Денди использовать рентгенографию желудочков и субарахноидальных пространств головного мозга, заполненных воздухом (рентгеноконтрастным веществом), для диагностики внутричерепных новообразований. Вентрикулография (1918) и пневмоэнцефалография (1919) впервые позволили объективизировать внутричерепную топографию *in situ*. За разработку этого метода и вклад в развитие нейрохирургии У. Денди

²Ныне в здании бывшего Государственного рентгенологического и радиологического института (ул. Рентгена, д. 8) находится Клиника рентгенологии и радиологии им. акад. И.П. Павлова.



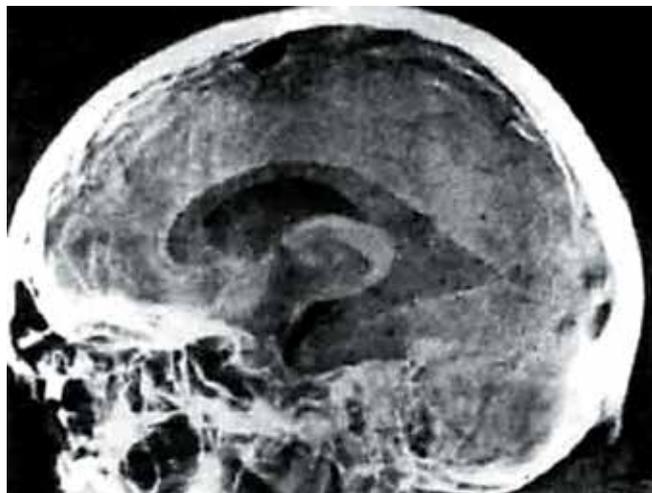
Уолтер Эдвард Денди (1886–1946)

Walter Edward Dandy (1886–1946)



Владимир Михайлович Бехтерев (1857–1927)

Vladimir Mikhailovich Bekhterev (1857–1927)



Вентрикулография головного мозга

Ventriculography of the brain

в 1933 г. был номинирован на Нобелевскую премию (которую, к сожалению, не получил).

В связи с этим выдающимся нововведением У. Денди следует вспомнить и достижения лауреата Нобелевской премии Теодора Кохера (1841–1917)³.

Будучи крупным хирургом своего времени, Т. Кохер внес заметный вклад и в «мозговую хирургию». Он

предложил простую и достаточно надежную схему краниocereбральной топографии, названную позже его именем. В честь него названа также точка наложения фрезевого отверстия для пункции переднего рога бокового желудочка мозга [4].

У. Денди при разработке своего предложения по контрастированию желудочковой системы использовал точку Кохера для пункции переднего рога, а затем описал топографию точки для пункции заднего рога. В дальнейшем она была названа точкой Денди [5, 6]⁴. Все эти схемы и точки используются нейрохирургами до сих пор.

Появление контрастных методов в нейрохирургии, их совершенствование и модификация привели к качественному «скачку» в диагностике внутричерепных процессов, а затем и позвоночника и спинного мозга (разработке спондилмиелографии). Рентгеноконтрастные исследования широко применялись в нейрохирургических клиниках всего мира вплоть до внедрения методов компьютерной и магнитно-резонансной томографии [8, 9].

Окинув взглядом начало пути — открытие X-лучей В. Рентгеном и доклад В.М. Бехтерева о перспективах использования рентгеновских лучей в неврологии, — можно уверенно утверждать, что высказанные в этом докладе мысли оказались пророческими. Немногим

³Т. Кохер удостоен Нобелевской премии по физиологии и медицине 1909 г. за работы в области физиологии, патологии и хирургии щитовидной железы.

⁴Следует вспомнить, что одним из первых, кто проводил исследования топографии желудочковой системы головного мозга с использованием рентгенографии, был Борис Леонидович Смирнов, работавший в Военно-медицинской академии. Представленные им результаты заполнения желудочков контрастным веществом на краниограммах вполне могли явиться прообразом вентрикулографии *in situ* [7].



Антониу Каэтану де Абреу Фрейре Эгаш Мониш (1874–1955)
António Caetano de Abreu Freire Egas Moniz (1874–1955)

более 30 лет пройдет до создания Эгашем Монишем метода ангиографии головного мозга, примерно через 75 лет А. Кормак и Г. Хаунсфилд разработают метод компьютерной томографии головного мозга, а еще спустя десятилетие К. Лотербур и П. Мэнсфилд введут в медицинскую практику метод магнитно-резонансной томографии.

Все эти открытия и разработки были удостоены Нобелевских премий. В.М. Бехтерев, как выдающийся ученый и непревзойденный знаток морфофункциональной организации мозга, был номинирован на Нобелевскую премию 6 раз (!) в 1902, 1910, 1912, 1914, 1916 и 1925 гг. [10].

Значительным событием в развитии диагностики нейрохирургических заболеваний стало предложение

португальского невролога и нейрохирурга Э. Мониша использовать рентгенографию сосудов головного мозга. В клинике Лиссабонского университета в 1923 г. он впервые провел контрастное исследование сосудов мозга у больного с опухолью, используя, а затем и описав технику пункционной церебральной ангиографии [11].

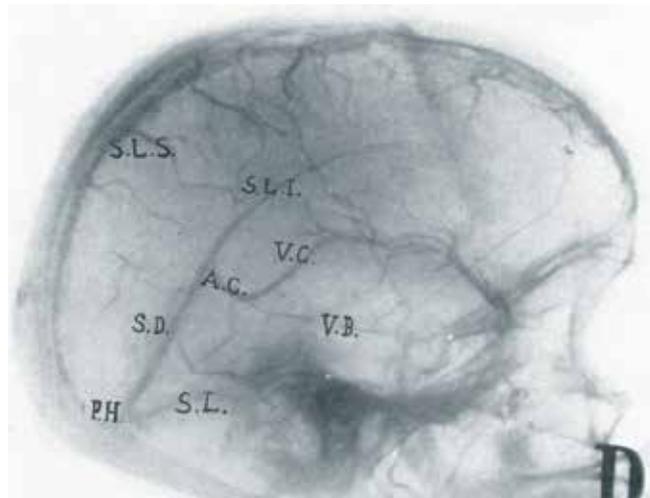
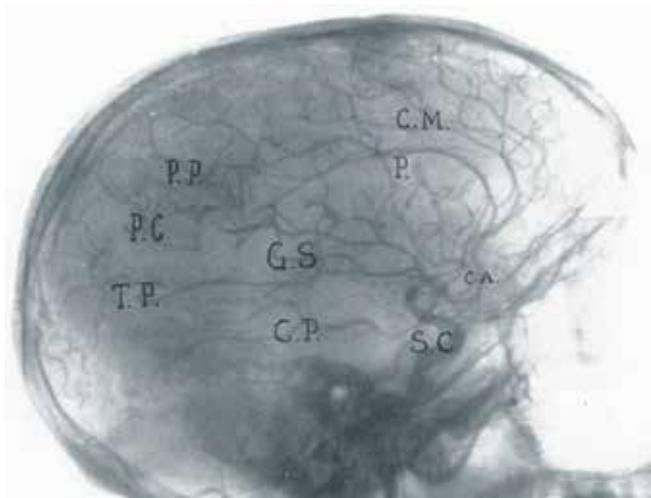
После нескольких лет экспериментов и клинических испытаний Э. Мониш создал метод церебральной ангиографии и перечислил основные клинико-диагностические признаки топографии сосудов мозга человека *in situ* [12].

Разработка и внедрение этого метода принесли Э. Монишу всемирную славу. Ангиография в различных модификациях и сейчас остается «золотым стандартом» и одним из основных инструментов диагностики и проведения внутрисосудистых и эндоваскулярных операций.

За разработку метода церебральной ангиографии Э. Мониш был дважды номинирован на Нобелевскую премию. Но удостоен ее он был в 1949 г. за другое свое достижение — «открытие терапевтического воздействия лейкотомии при некоторых психических заболеваниях».

Совершенствование ангиографии, расширение диапазона хирургических вмешательств при сосудистой патологии мозга, а также понимание патогенеза и возможностей хирургии создали в нейрохирургии предпосылки для очередного шага вперед. Этим знаменательным шагом стала идея внутрисосудистого доступа — разработка, повлекшая за собой создание нового направления — эндоваскулярной нейрохирургии.

Первые попытки внутрисосудистых вмешательств были предприняты на исходе 30-х годов XX столетия [13], и затем техника их постепенно совершенствовалась [14]: пробовались различные варианты внутрисосудистой эмболизации каротидно-кавернозных соустьев,



Изображения артериальной и венозной фаз церебральной ангиографии (из книги Э. Мониша)
Illustrations of arterial and venous phases of cerebral angiography (from the book of E. Moniz)



Федор Андреевич Сербиненко (1928–2002)

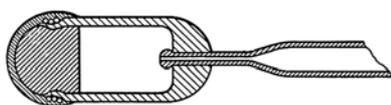
Fedor Andreevich Serbinenko (1928–2002)



Алан Маклеод Кормак (1924–1998)

Allan MacLeod Cormack (1924–1998)

United States Patent [19]	[11]	4,282,875
Serbinenko et al.	[45]	Aug. 11, 1981
[54] OCCLUSIVE DEVICE	3,885,561 5/1975 Cami	128/214 R
[76] Inventors: Fedor A. Serbinenko, Kutuzovsky prospect, 33, kv. 43; Sergei I. Kijuchnikov, Volgogradsky prospect, 164, korpus 2, kv. 111, both of Moscow, U.S.S.R.	4,085,757 4/1978 Pevsner	128/325
[21] Appl. No.: 6,037	<i>Primary Examiner</i> —Dalton L. Truluck	
[22] Filed: Jan. 24, 1979	<i>Attorney, Agent, or Firm</i> —Lackebach, Lilling & Siegel	
[51] Int. Cl. ² A61M 25/00	[57] ABSTRACT	
[52] U.S. Cl. 128/325; 128/349 B; 128/344	The proposed device for the occlusion of brain vessels comprises an occlusive bulb of an elastic material. Its thicker head portion accommodates a metal plug, while the tail portion contains a valve made of the material of the bulb itself, through which the tip of a catheter is introduced. The pear-shaped valve points inside the bulb, and its neck bears a spring element.	
[58] Field of Search 128/325, 344, 348–351; 46/87–90	When the bulb is drawn along an occluded vessel, with better maneuverability, the bulb's cavity is more reliably sealed after the catheter has been detached therefrom.	
[56] References Cited		
U.S. PATENT DOCUMENTS		
3,834,394 9/1974 Hunter et al. 128/325		
	9 Claims, 7 Drawing Figures	



Патент США на изобретение Ф.А. Сербиненко и соавторов «Окклюзивное устройство» (1981)

US patent for invention of F.A. Serbinenko and co-authors «Occlusive device» (1981)

мальформаций, аневризм и др. Однако результаты этих вмешательств не оправдывали надежд хирургов.

В череде славных имен нейрохирургов основоположником эндоваскулярной нейрохирургии считается Федор Андреевич Сербиненко. В 1971 г. он опубликовал результаты своих многолетних исследований по проблеме хирургической окклюзии каротидно-кавернозных соустьев методом катетеризации и подведения к фистуле отделяемого баллона-катетера собственной конструкции [15].

С этого времени и началась новая эпоха в сосудистой нейрохирургии — эндоваскулярная нейрохирургия выделилась как самостоятельный высокотехнологичный ее раздел.

В 1976 г. Ф.А. Сербиненко был удостоен Государственной премии СССР в области науки и техники за разработку и внедрение в клиническую практику эндоваскулярной хирургии сосудов головного мозга.

Еще одним из предугаданных В.М. Бехтеревым вариантов развития рентгенодиагностики поражений мозга было создание компьютерной томографии.

В 1979 г. Алан Кормак и Годфри Хаунсфилд были удостоены Нобелевской премии за разработку метода компьютерной томографии⁵.

Задолго до этого, еще в 1956 г., физик А. Кормак, начав работу в отделении радиологии больницы г. Кейптауна, стал интересоваться возможностью получать послойные изображения тканей организма. В течение нескольких лет он разрабатывал математическую программу для анализа рентгенограмм, сделанных под разными углами и в разных проекциях тела. Изображения, которые А. Кормак получил, были названы томограммами. Трудоемкий математический анализ оценки поглощения рентгеновских лучей тканями, опубликованный им в 1963–1964 гг., не привлек должного внимания.

Одновременно и независимо от А. Кормака американский невролог Уильям Олдендорф (1925–1992) в 1959 г. выдвинул идею о возможности сканирования головы человека рентгеновскими лучами с последующей реконструкцией рентгенконтрастности слоев. В своей повседневной врачебной деятельности ему приходилось выполнять пневмоэнцефалографию и церебральную ангиографию, что и стало одной из побудительных причин возникновения идеи об усовершенствовании диагностических неинвазивных возможностей рентгеновских устройств. Однако разработанная им система

⁵В 1934 г. В.А. Феоктистов создал первый действующий рентгенотомограф.



Годфри Ньюболд Хаунсфилд (1919–2004)
Godfrey Newbold Hounsfield (1919–2004)

анализа и томограф не нашли в то время промышленного воплощения.

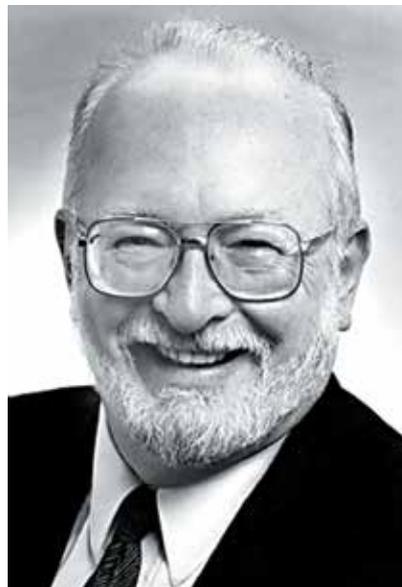
Г. Хаунсфилд, проводивший исследования в том же направлении, считал разработку У. Олдендорфа одной из самых удачных попыток создания томографической реконструкции.

В 1967 г., работая инженером в компании Thorn EMI (Electric & Musical Industries) Ltd., Г. Хаунсфилд участвовал в написании компьютерных программ для распознавания изображений. Независимо от А. Кормака он разработал математическую модель распознавания и создал варианты быстродействующих компьютеров. Ему удалось создать устройство, способное оценивать степень поглощения рентгеновских лучей тканями. Уже в 1971 г. был готов первый в мире клинический компьютерный томограф для исследования головного мозга (Уимблдон, Англия), а первое клиническое исследование — компьютерная томография головного мозга — осуществлено 1 октября 1971 г. [16].

В 1975 г. Хаунсфилд и У. Олдендорф получили премию Альберта Ласкера⁶ за изобретение томографа.

Нобелевская премия 1979 г. была вручена А. Кормаку и Г. Хаунсфилду «за принципиальное усовершенствование методов рентгенологического исследования — создание аппаратуры, производящей серию снимков одного объекта под разными углами, и системы компьютерной обработки данных».

Эти научные идеи и их промышленное воплощение придали мощный импульс разработке других ме-



Пол Кристиан Лотербур (1929–2007)
Paul Christian Lauterbur (1929–2007)

тодов нейровизуализации — магнитно-резонансной и позитронно-эмиссионной томографии, однофотонной эмиссионной компьютерной томографии и др.

И наконец, сказанное В. М. Бехтеревым в 1896 г.: «...возможно получать снимки извилин мозга, видеть различные патологические процессы в сером и белом веществе головного мозга...» — нашло свое воплощение в создании метода магнитно-резонансной томографии и его применении в клинической практике.

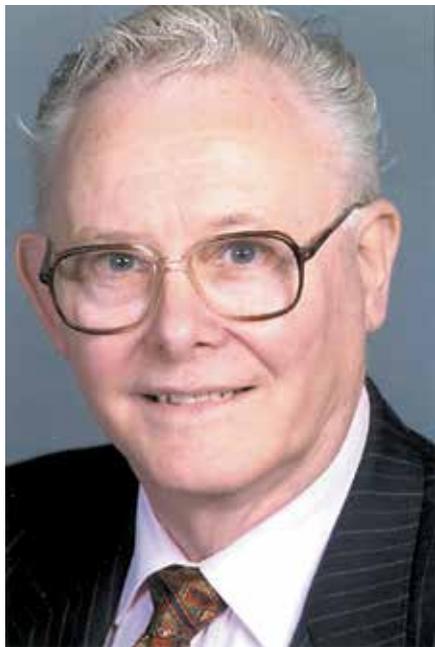
Пол Лотербур в 1972 г. опубликовал результаты своих исследований трехмерного изображения, которое он получил по спектрам протонного магнитного резонанса воды в изучаемом объекте. Эта работа явилась основой метода, так как определила принцип построения изображений, который затем получил название магнитно-резонансной томографии.

Питер Мэнсфилд создал математический алгоритм анализа сигналов, что позволило усовершенствовать технику изображения.

До этого метод ядерного магнитного резонанса, за развитие которого Феликс Блох и Эдвард Персел были удостоены Нобелевской премии по физике в 1952 г., использовался для химического и физического молекулярного анализа. Работы П. Лотербура и П. Мэнсфилда сделали возможным применение метода в медицине для получения изображений целого организма.

В 2003 г. П. Лотербур и П. Мэнсфилд были удостоены Нобелевской премии по физиологии и медицине

⁶Премия Ласкера (Lasker Award) — американская премия в области медицинских наук, которая вручается с 1946 г. и рассматривается в США как «вторая Нобелевская» (America's Nobels). Премию присуждает комитет Фонда Альберта и Мэри Ласкер.


Питер Мэнсфилд (1933–2017)
Peter Mansfield (1933–2017)

«за разработку методов ядерно-магнитного резонанса для сканирования внутренних органов человека»⁷.

В 1975 г. Рихард Эрнст, используя разработки П. Лотербурга, предложил вместо метода реконструкций по обратным проекциям при построении магнитно-резонансных томограмм (как при рентгеновской компьютерной томографии) использовать переключение градиентных магнитных полей во времени. Этот новый технологический принцип получения диагностических изображений используется и сейчас. В 1991 г. Р. Эрнст был удостоен Нобелевской премии по химии «за вклад в развитие методологии спектроскопии ядерного магнитного резонанса высокого разрешения».

На основе метода магнитно-резонансной томографии развивались новые методы оценки морфофункционального состояния мозговых структур — диффузно-взвешенная, перфузионная, функциональная томография, магнитно-резонансная спектроскопия и ангиография и др.

Удивительно совпавшие во времени события конца XIX в.: формирование представлений о локализации функций в головном мозге, расширение знаний о морфофункциональной организации нервной системы, разработка методов антисептики и асептики, появление наркоза, метода переливания крови и открытие X-лучей — создали тот мощный фундамент, на котором была построена нейрохирургия, вошедшая в содружество клинических нейронаука XXI в.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Соколов А.К. Кронштадт: история длиной в 300 лет. М.: Наследие, 2004. 648 с. [Sokolov A.K. Kronstadt: history of 300 years. M.: Nasledie, 2004. 648 p. (In Russ.).]
2. Труфанов Г.Е., Черемисин В.М., Асатурян М.А. 35 лет кафедре рентгенологии и радиологии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова. СПб., 2015. С. 7–30. [Trufanov G.E., Cheremisin V.M., Asaturyan M.A. 35 years of the Department of radiology of the S.M. Kirov Military Medical Academy. Saint Petersburg, 2015. Pp. 7–30. (In Russ.).]
3. Отчеты научных собраний врачей С.-Петербургской клиники душевных и нервных болезней за 1895–1896 и 1896–1897 гг. СПб., 1898. [Reports of scientific meetings of doctors of St. Petersburg clinic of mental and nervous diseases for 1895–1896 and 1896–1897. Saint Petersburg, 1898. (In Russ.).]
4. Учение о хирургических операциях. Соч. д-ра Т. Кохера, проф. и дир. Унив. хирург. клиники в Берне. Пер. с 5-го изд.: «Chirurgische Operationslehre» Б.Е. Гершуни. 2-е изд., рус. Ч. 1–2. Санкт-Петербург: К.Л. Риккер, 1909–1911. [Kocher T. Text-Book of Operative Surgery. Op. of Dr. T. Kocher, Professor and dir. of Univ. surgeon. clinic in Bern. Transl. from 5th edn: “Chirurgische Operationslehre” by B.E. Gershuni. 2nd ed., Russ. Part 1–2. Saint Petersburg: K.L. Ricker, 1909–1911. (In Russ.).]
5. Dandy W.C. Ventriculography following the injections of air into the cerebral ventricles. *Ann Surg* 1918;68:5–11.
6. Dandy W.E. *Hiruchirurgie*. Leipzig: Barth, 1938. P. 285.
7. Смирнов Б. Хирургическая анатомия боковых желудочков мозга. Известия Военно-медицинской академии 1917;34:163–74. [Smirnov B. Surgical anatomy of the lateral ventricles of the brain. *Izvestiya Voenno-meditsinskoy akademii* = *Bulletin of the Military Medical Academy* 1917;34:163–74. (In Russ.).]
8. Гейнисман Я.И. Замедленная и направленная пневмоэнцефалография. Значение этого метода исследования при последствиях травматических повреждений головного мозга. М.: Медгиз, 1953. 210 с. [Geynisman Ya.I. Delayed and directional pneumoencephalography. The value of this method in the consequences of traumatic brain damage. M.: Medgiz, 1953. 210 p. (In Russ.).]
9. Ироут Я. Пневмомиеелография. Рентгенологическое исследование спинного мозга и его оболочек при помощи негативных контрастных веществ. Прага: Медгиз, 1964. 279 с. [Irouit Ya. Pneumomyelography. X-ray examination of the spinal cord and its membranes using negative contrast agents. Prague: Medgiz, 1964. 279 p. (In Russ.).]

⁷Приоритет в изобретении ядерной магнитно-резонансной томографии принадлежит Владиславу Александровичу Иванову (1936–2007), который в 1960 г. представил конструкцию и способы расчета двух- и трехмерных изображений объекта по его одномерным проекциям на основе ядерного магнитного резонанса и получил патент на это изобретение.

10. Гайдар Б.В., Лобзин Ю.В., Цыган В.Н. Военно-медицинская академия в зеркале Нобелевских премий. Вестник Российской Военно-медицинской академии 2002;(1):3–6. [Gaydar B.V., Lobzin Yu. V., Tsygan V.N. Military Medical Academy in the mirror of the Nobel prizes. Vestnik Rossiyskoy Voenno-meditsinskoy akademii = Bulletin of the Russian Military Medical Academy 2002;(1):3–6. (In Russ.)].
11. Moniz E., de Carvalho L., Lima A. La radioartériographie et la topographie craniocéphalique. J Radiol Electrol Med Nucl 1928;12:72. [Moniz E. The Radioarteriography and intracranial topography. J Radiol Electrol Med Nucl 1928;12:72. (In French)].
12. Moniz E. L'angiographie cérébrale, ses applications et résultats en anatomic, physiologie et clinique. Paris: Masson et cie, 1934. 327 p. [Moniz E. Cerebral angiography, its applications and results in anatomy, physiology, and clinic. Paris: Masson and Co, 1934. 327 p. (In French)].
13. Brooks B. Treatment of traumatic arteriovenous fistula. South Med J 1930;23:100–6.
14. Хилько В.А., Зубков Ю.Н. Внутрисосудистая нейрохирургия. Л., 1982. 216 с. [Khil'ko V. A., Zubkov Yu.N. Intravascular neurosurgery. Leningrad, 1982. 216 p. (In Russ.)].
15. Сербиненко Ф.А. Катетеризация и окклюзия магистральных сосудов головного мозга и перспектива развития сосудистой нейрохирургии. Вопросы нейрохирургии 1971;(5):17–27. [Serbinenko F.A. Catheterization and occlusion of the main vessels of the brain and the prospect of development of vascular neurosurgery. Voprosy neyrokhirurgii = Neurosurgery Issues 1971;(5):17–27. (In Russ.)].
16. Марьянович А., Князькин И. Взрыв и цветение. Нобелевские премии по медицине 1901–2002. СПб., 2002. 800 с. [Maryanovich A., Knyaz'kin I. Burst and flowering. Nobel prizes in medicine in 1901–2002. Saint Petersburg, 2002. 800 p. (In Russ.)].