

ИСКУССТВЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ФОТОМЕДИЦИНЕ: ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ

Е.Г. Русанова

инженер

*Научно-исследовательская лаборатория квантовой
биологии и квантовой медицины*

*Харьковский национальный университет
имени В.Н.Каразина*

майдан Свободы, 6, г. Харьков, 61022 Украина

тел.: +38 (093) 849-41-35

e-mail: kokamoka51@gmail.com

ORCID 0000-0001-9820-122X

Введение. История развития фотомедицины последних полутора столетий напрямую связана с историей развития искусственных источников света. И медицинское направление применения этих источников, как и полагаются свету, всегда было чрезвычайно ярким.

Целью данного исследования было ознакомление врачей, ученых, инженеров, работающих в области фотомедицины, с творцами искусственных источников того света, который используется для реабилитации, диагностики, лечения и профилактики наиболее распространенных заболеваний человека.

Материалы и методы. Источниками информации служили архивные документы научных библиотек, научные журналы, материалы конференций. Глубина поиска составляла практически 160 лет.

Результаты. В результате проведенной работы были в очередной раз упомянуты имена трех выдающихся изобретателей первых ламп накаливания, родившихся в одном и том же 1847 году и подаривших людям искусственное солнце (русский инженер Александр Николаевич Лодыгин, русский военный инженер Павел Николаевич Яблочков и американский электротехник Томас Алва Эдисон). В основе работы первых дуговых ламп были исследования русского изобретателя В.В.Петрова и английского естествоиспытателя Г.Дэви. В результате проведения сложных опытов русский физик С.И.Вавилов обнаружил в 1924 году, что КПД люминесцирующих веществ гораздо выше КПД ламп накаливания. Нобелевскими лауреатами 1964 года за фундаментальные работы в области квантовой электроники, которые привели к созданию генераторов и усилителей нового типа — мазеров и лазеров, стали американский физик Ч.Таунс и советские физики Н.Г.Басов и А.М.Прохоров. В 1960 году началась лазерная эра с легкой руки Теодора Гарольда Меймана, создавшего первый лазер на кристалле рубина, работающий на длине волны 694,3 нм. Затем А.Джаван, У.Беннет и Д.Эрриот создали газовый (гелий-неоновый) лазер. В 1962 году создан полупроводниковый лазер группой американских (Б.Лэкс, У.Думке, М.Нэтен) и независимо советских ученых (Б.М.Вул и др.). Лазер на углекислом газе (молекулярный) создал в 1964 году К.Пател. Лазер на красителях создали в 1966 году П.Сорокин и Дж.Ланкард. «Отцом» светодиодов весь мир считает Ника Холоньяка, который в 1962 году создал первый в мире люминесцентный диод на основе GaAsP, излучающий в красном диапазоне спектра.

Выводы. В процессе эволюции искусственных источников света (от ламп накаливания, люминесцентных ламп до лазеров и светодиодов) совершенствовались и методы фототерапии.

Ключевые слова: фотомедицина, искусственные источники света, лампы накаливания, люминесцентные лампы, лазеры, светодиоды.

ARTIFICIAL SOURCES OF LIGHT USED IN PHOTOMEDICINE: HISTORY OF DISCOVERY

E.G. Rusanova

V.N. Karazin Kharkiv National University

6, Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

E-mail: kokamoka51@gmail.com

Introduction. The history of the development of photomedicine over the past one and a half years is directly related to the history of the development of artificial light sources. And the medical direction of using these sources, as befits the light, has always been extremely bright.

The purpose of this study was to familiarize doctors, scientists, engineers working in the field of photomedicine, with the creators of artificial sources of the light that is used for the rehabilitation, diagnosis, treatment and prevention of the most common human diseases.

Materials and methods. Sources of information were archival documents of scientific libraries, scientific journals, and conference proceedings. The search depth was almost 160 years.

Results. As a result of this work, the names of three outstanding inventors of the first incandescent lamps born in the same 1847 and giving people artificial sun were mentioned again (Russian engineer Alexander Nikolaevich Lodygin, Russian military engineer Pavel Nikolaevich Yablochkov and American electrical engineer Thomas Alva Edison). The work of the first arc lamps was based on research by the Russian inventor V.V. Petrov and the English naturalist G.Devi. As a result of complex experiments, the Russian physicist S.I. Vavilov discovered in 1924 that the efficiency of luminescent substances is much higher than the efficiency of incandescent lamps. The Nobel laureates of 1964 for fundamental work in the field of quantum electronics, which led to the creation of generators and amplifiers of a new type - masers and lasers, became the American physicist C. Townes and Soviet physicists N.G. Basov and A.M. Prokhorov. In 1960, the laser era began with the light arm of Theodor Harold Meiman, who created the first ruby-crystal laser operating at a wavelength of 694.3 nm. Then A. Javan, W. Bennet and D. Herriot created a gas (helium-neon) laser. In 1962, a semiconductor laser was created by a group of American (B.Lex, U. Dumke, M.Naten) and independently Soviet scientists (B.M. Vul and others). A carbon dioxide laser (molecular) was created in 1964 by K. Patel. A dye laser was created in 1966 by P. Sorokin and J. Lancard. The "father" of LEDs is considered by the whole world to Nick Holonyak, who in 1962 created the world's first GaAsP luminescent diode emitting in the red spectrum.

Findings. In the process of evolution of artificial light sources (from incandescent lamps, fluorescent lamps to lasers and LEDs), phototherapy methods were also improved.

Key words: photomedicine, artificial light sources, incandescent lamps, fluorescent lamps, lasers, LEDs.

ШТУЧНІ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ФОТОМЕДИЦИНІ: ІСТОРІЯ ВІДКРИТТЯ

Є.Г. Русанова

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

майдан Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна

E-mail: kokamoka51@gmail.com

Вступ. Історія розвитку фотомедицини останніх півтора століть безпосередньо пов'язана з історією розвитку штучних джерел світла. І медичний напрямок застосування цих джерел, як і годиться світлу, завжди був надзвичайно яскравим.

Метою даного дослідження було ознайомлення лікарів, вчених, інженерів, що працюють в області фотомедицини, з творцями штучних джерел того світла, яке використовується для реабілітації, діагностики, лікування і профілактики найбільш поширених захворювань людини.

Матеріали та методи. Джерелами інформації були архівні документи наукових бібліотек, наукові журнали, матеріали конференцій. Глибина пошуку становила практично 160 років.

Результати. В результаті проведеної роботи були в черговий раз згадані імена трьох видатних винахідників перших ламп розжарювання, що народилися в одному і тому ж 1847 році і подарували людям штучне сонце (російський інженер Олександр Миколайович Лодигін, російський військовий інженер Павло Миколайович Яблочков і американський електротехнік Томас Алва Едісон). В основі роботи перших дугових ламп були дослідження російського винахідника В.В. Петрова і англійського натураліста Г. Деві. В результаті проведення складних дослідів російський фізик С.І. Вавилов виявив в 1924 році, що ККД люмінесцюючих речовин набагато вище ККД ламп розжарювання. Нобелівськими лауреатами 1964 року за фундаментальні роботи в галузі квантової електроніки, які привели до створення генераторів і підсилювачів нового типу — мазерів і лазерів, стали американський фізик Ч.Таунс і радянські фізики М.Г.Басов і О.М.Прохоров. У 1960 році почалася лазерна ера з легкої руки Теодора Гарольда Меймана, який створив перший лазер на кристалі рубіна, що працював на довжині хвилі 694,3 нм. Потім А.Джаван, У.Беннет і Д.Ерріот створили газовий (гелій-неоновий) лазер. У 1962 році створено напівпровідниковий лазер групою американських (Б.Лекс, У.Думке, М.Нетен) і незалежно радянських вчених (Б.М.Вул та ін.). Лазер на вуглекислому газі (молекулярний) створив в 1964 році К.Пател. Лазер на барвниках створили в 1966 році П.Сорокин і Дж.Ланкард. «Батьком» світлодіодів весь світ вважає Ніка Холоньяка, який в 1962 році створив перший в світі люмінесцентний діод на основі GaAsP, що випромінює в червоному діапазоні спектра.

Висновки. В процесі еволюції штучних джерел світла (від ламп розжарювання, люмінесцентних ламп до лазерів та світлодіодів) вдосконалювалися і методи фототерапії.

Ключові слова: фотомедицина, штучні джерела світла, лампи розжарювання, люмінесцентні лампи, лазери, світлодіоди.

Имена многих изобретателей на слуху. Правда, иногда возникают проблемы с признанием приоритета открытия, но обычно время расставляет все по заслуженным местам. А как приятно, когда неожиданно разрешается вопрос, давно беспокоивший. Иногда это случайная находка, иногда внешняя подсказка. Всему свой час.

Еще обучаясь в 9 и 10 классах 131 школы Харькова с радиофизической специализацией, я познакомилась, благодаря преподавателю университета Вадиму Ивановичу Чеботареву, с азами этой увлекательной науки. Правда, поступая в университет, выбрала другой факультет – физический. Закончив в 1971 году курс обучения, начала работать по специальности физика низких температур в профильном институте – ФТИНТ АНУ, который на тот момент уже отметил свое 11-летие. Все почти три десятка лет моей службы во ФТИНТ я не прерывала контактов с Alma mater и, в конце концов, судьба привела меня на радиофизический факультет в лабораторию квантовой медицины и квантовой биологии под надежное крыло Анатолия Михайловича Коробова.

Дальнейший рассказ, надеюсь, оправдает такое личное введение в тему. По некоторым соображениям ума, как говаривал мой незабвенный супруг – Константин Викторович Русанов, в этой статье, легко касаясь медицинских и технических аспектов темы фототерапии, акцент сделан на истории создания искусственных источников света, которые нашли свое применение и в фотомедицине. На страницах журнала «Фотобиологии и Фотомедицина», начиная с первого номера, мы неоднократно писали о врачах (Н. Финзен, А.В. Минин и др.), их методах использования света различных участков спектра для диагностики и лечения множества заболеваний.

К середине 1990-х уже четверть века не утихали споры о применении низкоинтенсивного лазерного излучения в медицине. Еще были сомнения в безопасности для врачей и пациентов отпускаемых процедур. Как мантра повторялось убеждение, что когерентность и монохроматичность излучения лазера главное условие успеха лечения. Шли споры о роли поляризации луча. [1,2]

Правоверные лазерологи давно убедились в анальгезирующем и ранозаживляющем действии лазерного излучения. Врачи предпочитали красные He-Ne лазеры, но быстро разобрались и в

Как пояса концы – налево и направо
Расходятся сперва, чтоб вместе их связать.
Так мы с тобой расстанемся – но, право,
Лишь для того, чтоб встретиться опять!

Токомори

достоинствах регулируемых инфракрасных (ИК) полупроводниковых аппаратов. Вскоре появились конкурирующие источники света: квазилазеры, лампы «Биоптрон» и, наконец, светодиоды. А ведь у всех этих светоносных аппаратов были их создатели. Захотелось разобраться.

Ответить на все вопросы нельзя, но стремиться к этому надо. Вернемся на две сотни лет назад, когда начала развиваться современная история электричества¹ и, собственно, началась эра искусственных источников освещения.

Анналы истории сохранили имена трех изобретателей первых ламп накаливания, родившихся в один год, но с такой разной судьбой.

Александр Николаевич Лодыгин (18.10.1847–16.03.1923) подал заявку на лампу накаливания в 1872 году и получил в России привилегию (№ 1619 от 11 июля 1874 года), а позже и в ряде стран Европы. Тело накала – угольный стержень, помещенный под стеклянным колпаком. С 1874 года им было организовано «Товарищество электрического освещения». В 1890-е он изобрел несколько типов ламп накаливания с металлическими нитями, в том числе и из вольфрама. В начале 1880-х годов, не имея возможности реализовать свои планы, вынужден был уехать в Европу. С 1916 года жил в Америке.

Военный инженер Яблочков Павел Николаевич (14.09.1847–31.03.1894) изобрел в 1876 году дуговую лампу, питаемую переменным током. Ее называли «свеча Яблочкова». Ему же приписывают изобретение трансформатора и конденсатора. Через 20 лет Нернст повторил применение каолиновой пластины в качестве источника света.

Американский электротехник Эдисон, Томас Алва (11.02.1847–9.10.1931) в 1879 году усовершенствовал лампу накаливания. Изобрел патрон, цоколь с винтовой резьбой, плавкий предохранитель, поворотный выключатель, электросчетчик... 27 января 1880 года Эдисон получил патент на изобретение № 223898 на лампу с угольной нитью накаливания, помещенной в стеклянный шар, из которого выкачан воздух. Благо, еще в 1867 году Спренгел изобрел мощный вакуумный насос. В 1883 году Эдисон первым наблюдал явление термоэлектронной эмиссии («эффект Эдисона»). Запатентовал рекордное количество – 1093 патента на изобретения. Среди сотрудников филиалов его фирмы были изобретатель первой

¹ Термин «электричество» был введен лейб-медиком двора королевы Елизаветы Уильямом Гильбертом (1544–1603) еще в 1600 году.

двухэлектродной электронной лампы — диода (в 1904 году)² — английский физик Флеминг, Джон Амброс (1849–1945) и Ачесон, который получил карборунд (SiC), играющий немаловажную роль в дальнейшей истории светодиодов. [3]

Но, когда мы искали материалы по истории диафаноскопии, обнаружилось, что для просвечивания внутренних органов врачами В.А. Миллионом и И.П. Лазаревичем еще в 1867 году в качестве источника света применялась модернизированная трубка Гейссера³. [4]

И все-таки, когда же появились первые искусственные источники освещения? Майкл Фарадей (1791–1867) в своих популярных лекциях писал, что свечи в шахтах были заменены искровым освещением (при стачивании наждачного круга), а затем безопасной лампой Дэви. Эта лампа с открытым пламенем и медной сеткой с ячейками, размер которых меньше критического, что не позволяет пламени проникнуть из лампы вовне. Уже при жизни Фарадея и при его участии начали применяться электрические прожекторы для маяков. [5]

С именем Гемфри Дэви (1778–1829) связано открытие в 1810 году явления электрической дуги, возникавшей между двумя кусками угля, соединенными с полюсами батареи из гальванических элементов⁴. Это же явление наблюдал еще в 1802 году Василий Владимирович Петров (1761–1834). Нам он интересен еще и тем, что ходил по улицам нашего города, когда учился в Харьковском колледже до 1785 года, а с 1795 по 1833 год был профессором физики в Медико-хирургической академии в Санкт-Петербурге. Интересовался явлениями хеми-, био- и фотолюминесценции, определил различие между ними. Изобрел изоляцию проводников тока сургучом или воском. Изучал явление электрического разряда в вакууме. [6]

Итак, в основе первых дуговых ламп были исследования русского изобретателя В.В. Петрова и английского естествоиспытателя Г. Дэви. Большой вклад в развитие проблемы освещения внес М. Фарадей. Идеи витали в воздухе. Спрос на электрические лампы был колоссальным. Исследования в области электричества велись по всем фронтам.

Шведский физик и астроном Ангстрем, Андерс Йонас (1814–1874) изучал спектры пламени, электрической дуги. С большой точностью измерял длины волн солнечного излучения. Его именем названа единица длины, равная 10^8 см.

В 1852 году Стокс, Джордж Габриэль (1819–1903) установил, что длина волны фотолюминесценции

больше длины волны возбуждающего света (правило Стокса).

Еще в 1800 году У. Гершель открыл ИК лучи, а У. Волланстон (и независимо И. Риттер) — ультрафиолетовые (УФ) лучи. В 1803 году английский врач и физик Т. Юнг (1773–1829) измерил длины ИК и УФ волн, тогда же ввел термин «интерференция».

В своих «Воспоминаниях» Николай Федорович Гамалея (1859–1949), работавший в Париже в 1886–1892 годах, рассказывает, что к нему в 1891 году обратился Д'Арсонваль с просьбой проверить действие УФ лучей на туберкулез. Мы не знаем достоверно, что послужило источником УФ излучения, но можем предположить, что это была газоразрядная лампа с ртутью в баллоне из кварцевого стекла. Французский физик и физиолог Д'Арсонваль, Жак Арсен (1851–1940) по праву считается основоположником физиотерапии.

Одним из первых на целебное действие излучения электрической дуги указал в 1890 году П.В. Эвальд, врач Коломенского завода, где дуга применялась для электросварки. Тогда же он стал пользоваться дуговым светом и в терапевтических целях. Об этом пишут (с. 203) М.М. Аникин и Г.С. Варшавер в книге «Основы физиотерапии», изданной в 1950 году. Характерно, что в первом издании этого пособия для врачей 1936 года первенство по применению угольно-дуговых ламп приписывают (с. 174) Нильсу Финзену (1896).

Судя по публикациям: Ф.К. Гейслер. К вопросу о действии света на бактерии. Врач. 1891. Т.12, №36. С. 793-797, Федор Карлович, обрусевший немец, родившийся в Нарве в 1860 году, первым в России использовал в эксперименте электрический свет.

Копаясь в истории, не обязательно доискиваться до названия сорта яблони, под которой, якобы, сидел отец закона всемирного тяготения. Но есть базисные сведения, без которых не обойтись. Свет и его проявления естественным образом был объектом исследования физиков. В 1865 году Максвелл, Джеймс Клерк (1831–1879) постулировал существование электромагнитных волн и идею электромагнитной природы света. Обосновал связь между оптическими и электромагнитными явлениями. Предтечей теоретических выкладок Максвелла стали экспериментальные работы Фарадея по связи между светом и магнетизмом. Фарадей (1845) употребил термин «магнитное поле». По оценке А. Эйнштейна идея поля была самой оригинальной

² В 1907 году Ли де Форест (1878–1961) взял патент на «аудион» — первый триод.

³ Гейслер, Генрих Иоганн Вильгельм (1815–1879) — немецкий физик. В 1855 году изобрел ртутный вакуумный насос и в 1858 трубку с двумя впаянными медными электродами, заполненную разреженным газом. Он предположил, что химическая природа газа может быть определена по цвету свечения.

⁴ Изобретателем источника постоянного тока в 1799 году стал итальянец Алессандро Вольта (1745–1827). А первый генератор переменного тока, использующий принцип электромагнитной индукции, построил в 1832 году француз Ипполит Пикси (1808–1835).

идеями Фарадея, самым важным открытием со времен Ньютона. В актив Фарадея можно внести такие понятия как катод, анод, ионы, электроды и др. В 1846 году в мемуаре «Мысли о лучевых колебаниях» М. Фарадей высказал идею об электромагнитной природе света. Генрих Рудольф Герц (1857–1894) экспериментально доказал (1887) существование электромагнитных волн. [7]

Альберт Майкельсон (1852–1931) опубликовал результаты своих измерений скорости света в 1881 и 1924 году. Известно, что такие измерения проводились неоднократно, так Галилео Галилей (1564–1642) осуществил опыт по измерению скорости света в 1607 году.

Успехи в развитии оптики базировались на каскаде открытий в смежных областях науки и техники. Используя открытые в 1895 году рентгеновские лучи, Дж.Дж. Томсон (1856–1940) совместно с Э. Резерфордом (1871–1937) разработал метод ионизации газов. В следующем году опыты по отклонению магнитом катодных лучей, в изучении которых Томсон был одним из лидеров, убедили его в том, что катодные лучи не просто «электричество», а основная часть материи, элементарной частицей которой является электрон⁵.

В 1899 году немецкий физик Ф. Ленард (1862–1947) доказал электронную природу фототока и показал, что энергия фотоэлектронов зависит не от интенсивности падающего света, а от длины его волны. В 1902 году он установил уравнение фотоэффекта, в котором дал зависимость энергии фотоэлектронов от частоты излучения.

Время ученых-одиночек безвозвратно кануло в Лету. Как писал один из создателей кибернетики Норберт Винер (1895–1964) в [8]: «После Лейбница, может быть, уже не было человека, который бы полностью охватывал интеллектуальную жизнь своего времени». Немецкий философ Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646–1716) развивал учение об относительности пространства, времени и движения, возражая против абсолютного пространства и времени Исаака Ньютона (1643–1727). Лейбниц установил закон сохранения «живых сил», явившийся первой формулировкой закона сохранения энергии. Сформулировал, независимо от других, принцип наименьшего действия.

В 1905 году в одном и том же томе «Анналов физики» были опубликованы три статьи за подписью Эйнштейн-Марити (фамилия жены), в одной из них были заложены основы теории относитель-

ности, в другой — квантовой теории света⁶. За 15 лет до этого А. Г. Столетов (1839–1896) провел цикл исследований явления внешнего фотоэффекта, обнаруженного Г. Герцем в 1887 году. Александр Григорьевич открыл прямую пропорциональную зависимость силы фототока от интенсивности падающего света (1-й закон внешнего фотоэффекта). Он является основоположником количественных методов исследования фотоэффекта, предложил метод фотоэлектрического контроля интенсивности света. Его ученик Петр Николаевич Лебедев (1866–1912) в 1900 году путем изящного опыта доказал давление света. Этот тончайший эксперимент определил развитие теории относительности, теории квантов и современной астрофизики.

Именно введение минимального кванта действия, связывающего частоту колебания с энергией излучения в законе Планка, определило весь дальнейший ход истории развития физики. Для нас же важно понимание того, что при воздействии света на организм важны только длина волны и его энергия.

Вся история физики это история изучения света. Из века в век колебались представления о свете как корпускулах или волнах. И только в 1923 году Луи де Бройль (1892–1987) распространил идею Альберта Эйнштейна (1879–1955) о двойственной природе света на вещество, предположив, что поток материальных частиц должен обладать и волновыми свойствами, однозначно связанными с массой и энергией.

Основоположники квантовой механики, дети XIX века до конца дней сомневались в правильности своих построений. Это был не кризис физики, а ее обновление. И только новое поколение физиков начало говорить на другом языке. Вспоминается по этому поводу: «Такой маленький, а уже француз!» или, например, Маугли. На первой лекции по общей физике профессор Григорий Евсеевич Зильберман объяснял нам, что понять - значит привыкнуть. Мы являемся свидетелями нового способа мышления у современных детей, когда малыши от рождения с легкостью справляются с гаджетами любой сложности.

О телевидении начали говорить еще в XIX веке. Фотография, автомобили, самолеты, кино. Со всеми этими чудесами техники начался бурный XX век. Телефон раскинул щупальца кабелей по всему миру. Но к 1920 году качество приема сигнала радио оставалось низким, как и во времена Г. Маркони (1874–1937) и А.С. Попова (1859–1906).

⁵ Термин «электрон» для элементарного электрического заряда в 1891 году предложил Стоней, Джордж Джонстон (1826–1911), еще до открытия Дж. Дж. Томсоном в 1897 году отрицательно заряженной частицы массой почти в 1837 раз меньшей массы атома водорода. Впервые достаточно точно величина заряда электрона была измерена в 1914 году Р. Милликенем (1868–1953). Он же экспериментально проверил уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и определил значение постоянной Планка. Идею об атомизме электричества высказывал Б. Франклин в 1749 году и другие естествоиспытатели.

⁶ Название элементарной частицы света – «фотон» ввел в оборот в 1929 году Г.Н. Льюис (1875–1946). Экспериментально доказал в 1922 году существование фотона А. Комптон (1892–1962). Слово «квант» впервые прозвучало в 1900 на заседании Немецкого физического общества, когда Макс Планк (1858–1947) докладывал о выводе формулы, относящейся к тепловому излучению.

В 1922 году О.В. Лосев (1903–1942) создал детекторный⁷ приемник — «Кристадин» с усилителем сигнала из кристалла цинкита (ZnO) и угольной нити в качестве электрода, значительно улучшив качество радиосигнала. [9]

Олег Владимирович — самоучка из Твери работал с 1919 года в Нижегородской радиолaborатории, где обнаружил (1925) явление получения за счет колебаний одной частоты колебаний другой с любым отношением частот, а в 1927 году — новый вид «холодного свечения» кристалла карборунда при прохождении по нему электрического тока. С 1928 года О.В. Лосев переехал в Ленинград. Работал в ЦРЛ, затем с 1937 года устраивается преподавателем в 1-м Ленинградском мединституте им. И.П. Павлова. Часть опытов проводит на базе Ленинградского Физико-технического института. Хотя следов его пребывания в ЛФТИ в работе [10] найти не удалось.

А. Рожен в статье [11] пишет, что «эффект Лосева» — свечение некоторых кристаллов при прохождении тока был замечен учеными, но отнесен на тот момент к необъяснимым парадоксам физики. Открытие было преждевременным. Автор сообщает, что Лосеву без защиты диссертации присвоили степень кандидата физико-математических наук (1938). Действительно в ЛФТИ с конца 1920-х годов полупроводниковая тематика начала активно развиваться. Сверстнику Лосева Игорю Васильевичу Курчатову (1903–1960) выпускнику Симферопольского университета (1923) без защиты присудили степень доктора физико-математических наук за исследования в области диэлектриков в ЛФТИ в 1934 году. [10, с. 332] Неизвестно почему Олег Владимирович не эвакуировался и погиб от голода в госпитале 1-го ЛМИ. Его последняя работа — разработка прибора для поиска металлических предметов в ранах.

Люди давно заметили, что светятся некоторые минералы и живые существа. Загадку люминесценции издавна пытались разрешить многие, но не доходили до разрешения. Пришел час и этой разгадки. В результате проведения ряда сложных опытов Сергей Иванович Вавилов (1891–1951) обнаружил в 1924 году, что КПД люминесцирующих веществ неизмеримо выше КПД ламп накаливания. Да неоновая реклама уже давно вспыхивала по ночам в крупных городах многих стран мира. Обычно разноцветные трубки требовали слишком высокого напряжения для разряда неона или ртутных паров. Разработка и внедрение документации

новых экономных «ламп дневного света» Вавиловым с учениками была закончена еще в 1941 году, но промышленное изготовление началось после войны. [12]

Люминесцентные явления оказались теснейшим образом связанными с крупнейшим научным событием нашего времени — изобретением лазера. Спектроскопические исследования подготовили не только принципиальную почву для появления квантовых генераторов, но и заранее установили энергетические схемы для соответствующих систем, определили вероятность перехода их из одного возбужденного состояния в другое.

Вторая Мировая война подстегнула развитие многих областей науки и техники. Расширение и углубление поисков, отвечающих современным запросам потрясенного человечества, привело к появлению нового класса лекарств — антибиотиков и созданию в 1946 году компьютеров, правда, сначала на базе электронных ламп. [13]

На фирме «Bell Telephone Laboratories» в 1948 году Джон Бардин (1908–1991) и Уолтер Браттейн (1902–1987) открыли транзисторный эффект и изготовили первый германиевый полупроводниковый триод — транзистор⁸. Это событие привело к перевороту в электронике. Теорией этого процесса занимался Уильям Брэдфорд Шокли (1910–1989). Все трое получили в 1956 году Нобелевскую премию по физике за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта.

К идее мазера шли с начала 1950 годов⁹. В январе 1955 года в журнале «Доклады АН СССР» опубликована статья Н.Г. Басова и А.М. Прохорова «Теория молекулярного генератора и молекулярного усилителя мощности». А в августовском номере «Physical Review» напечатан материал Дж. Гордона, Х. Цайгера и Ч. Таунса «Мазер — новый тип микроволнового усилителя, стандарта частоты и спектрометра» со ссылками на работы Николая Геннадиевича Басова (1922–2001) и Александра Михайловича Прохорова (1916–2002).

В статье «Журнала экспериментальной и теоретической физики» 1958 года Прохоров рекомендует в качестве резонатора употребить два плоско-параллельных зеркала, известный с 1899 года оптический интерферометр Фабри-Перо. Подобный тип резонатора для создания мазеров ИК и светового диапазона (лазеров) был предложен в работе Артура Леонарда Шавлова (1921–1999) и Чарльза Харда Таунса (1915–2015), опубликованной в том же 1958 году в «Physical Review».

⁷ В 1874 году К.Ф. Браун (1850–1918) обнаружил одностороннюю проводимость у кристаллов некоторых сульфидов металлов. Изготовил в конце 1890-х кристаллический детектор, который нашел применение в первых радиоприемниках.

⁸ Э. Меррит обнаружил полупроводниковые свойства у германия в 1929 году. К. Вагнер в 1930 году убедился в существовании двух видов полупроводников — электронных и дырочных.

⁹ Лауреатом Нобелевской премии по физике 1966 года за разработку оптических методов исследования колебаний атомов в области радиочастот стал французский физик Альфред Кастлер (1902 - 1984). С 1952 года он исследовал возбужденные оптические состояния атомов методом оптического резонанса, который лег в основу открытой им системы оптической накачки.

Заявка Шавлова и Таунса на оптический мазер была подана 30 июля 1958 года. Патент ими был получен 22 марта 1960 года¹⁰. Нобелевскими лауреатами 1964 года за фундаментальные работы в области квантовой электроники, которые привели к созданию генераторов и усилителей нового типа — мазеров и лазеров, стали Ч. Таунс, Н.Г. Басов и А.М. Прохоров.

Физик-теоретик В.Л. Гинзбург в своей книге [14] отмечает: «...сейчас нелегко понять, почему первый лазер заработал лишь в 1960 году, а не лет на сорок ранее, вскоре же после того, как Эйнштейн в 1916 году ясно и на современном уровне ввел понятие об индуцированном излучении... Создание же генератора носило характер изобретения, которое было значительно легче сделать радиофизикам, чем оптикам... “задержка” с открытием или изобретением никак не может умалять заслуг тех, кто его, наконец, создал».

Далее события развивались лавинообразно. Идеи подхватывались и выливались в создание новой техники. В 1960 году журнал «Nature» обнародовал результаты Теодора Гарольда Меймана (1927–2007) об оптическом возбуждении кристалла искусственного рубина¹¹ и получении на нем генерации когерентного излучения с длиной волны 0,7 мкм. Это был первый реально работающий рубиновый лазер (рис. 1). (Оказалось, что

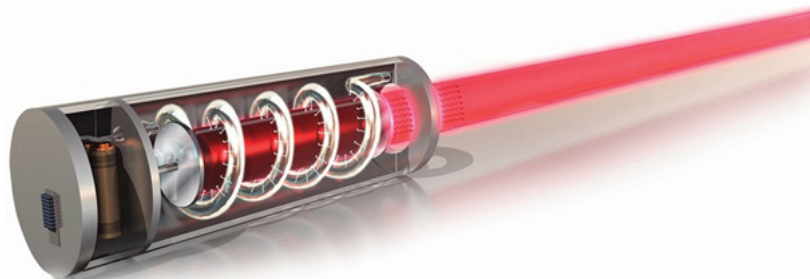


Рис. 1. Рубиновый лазер

конкурентом рубина может быть еще неодимовое стекло). Следом Али Джаваном (1926–2016), Уильямом Ральфом Беннетом (1930–2008) и Д. Эрриотом был представлен газовый (гелий – неоновый) лазер. В 1962 году создан полупроводниковый лазер группой американских (Б.Лэкс, У.Думке, М.Нэтен и др.) и независимо советских ученых (Б.М. Вул и др.). Лазер на углекислом газе (молекулярный) сделал Кумар Пател в 1964 году. Лазер на красителях создали в 1966 году (П. Сорокин,

Дж. Ланкард). Естественно, здесь представлены только те модели, которые применяются в мирных медицинских целях.

В то время, как на свет появлялись все новые версии лазеров для разных целей и задач, в «Bell Telephone Laboratories», «General Electric» и других исследовательских центрах по всему миру продолжались исследования полупроводниковых кристаллов. Ученик Дж. Бардина Ник Холоньяк обнаружил, в который раз, «холодное свечение». История создания светодиодов носит, как и полагается, дискретно — волновой характер.

Впервые упоминание о свечении кристаллов появилось в 1907 г. Ученый из Великобритании капитан Генри Джозеф Раунд проводил эксперименты с кристаллами карбида. Возбуждая их электрическим током, он заметил слабое желтое свечение. По мере увеличения напряжения, яркость свечения возрастала. Подвергая воздействию тока разные кристаллы в разных точках при повышенном напряжении, он обнаружил, что менялся и цвет светового потока: синий, желтый, оранжевый и зеленый. Он опубликовал статью о данном открытии в журнале «Electrical World». К сожалению, поскольку Генри Раунд занимался другим довольно масштабным проектом, связанным с морскими транспортными средствами (создавал систему навигации), то его работа была на некоторое время забыта, как им самим, так и научным сообществом. [15]

Через 20 лет слабое свечение карборунда (SiC) заметил изобретатель Олег Николаевич Лосев, о котором шла речь раньше. В 1927 году он опубликовал статью «Светящийся SiC детектор и детектирование с кристаллами» и запатентовал результаты своих исследований как «световое реле». Но исследования свечения карбидокремниевых кристаллов постепенно зашли в тупик из-за преждевременности этого направления и открытия светодиодов снова не случилось.

В 1935 году во Франции сульфид цинка проявил свою «блестящую» природу. Обнаружить эти свойства удалось физика Жоржу Дестрио. Он активно работал над поиском светящихся свойств у материалов и в честь Олега Лосева, работы которого к тому времени были доступны для научного мира, Жорж присваивает вновь открытому эффекту

¹⁰ Московский физик В.А. Фабрикант в докторской диссертации (1939) впервые указал, что, осуществив условие инверсии (когда высокие уровни энергии молекулы «населены» более, чем низкие), «мы получим интенсивность выходящего излучения большую, чем падающего». Летом 1951 года им с коллегами была подана заявка на изобретение «Новый способ усиления электромагнитного излучения УФ, видимого, ИК и радиодиапазонов волн» в профильное Министерство промышленности средств связи СССР (тогда Комитета по делам изобретений и открытий при Совете Министров еще не существовало). Зарегистрировали заявку 18 июня 1951 года, признали и опубликовали в 1959. Свидетельство об открытии было выдано в 1964, когда вся лазерная эпопея осталась уже позади. [12, с.319-321]

¹¹ Разновидность минерала корунда, окрашенная примесями Fe, Cr, Mn, Ti в разные цвета. Искусственный корунд впервые был получен в 1858 году. Синтетические рубины и сапфиры тождественны природным минералам.

название «Свет Лосева». В наше время, Жоржа Дестрио признают отцом электролюминесценции.

Лишь спустя почти 40 лет, в 1955 г. в США Рубин Браунштайн сообщил ученому миру о том, что диоды, сделанные на основе арсенида галлия под воздействием электрического тока с низким напряжением, дают ИК излучение. Но запатентовали это открытие в 1961 г. Боб Биард и Гарри Питмэн, дав ему название «инфракрасный светодиод».

В 1962 году американский ученый Ник Холоньяк создал первый в мире люминесцентный диод красного цвета на основе GaAsP.



Рис. 2. Ник Холоньяк за работой

После этого, с середины 60-х годов XX века началась история промышленного развития светодиодов. «Отцом» светодиодов весь мир считает Ника Холоньяка. Вместе с Робертом Холлом он изобрел лазер с видимым лучом, созданный на основе красного диода. Затем, в 1972 г. аспирант Холоньяка Джордж Крэффорд изобрел желтый светодиод, а потом сделал ярче свечение красных и желто-красных.

С 1971 года появились новые полупроводниковые материалы, на базе которых производили светодиоды в новой цветовой гамме. Так, рынок увидел светодиоды зеленого, оранжевого и желтого цвета. С появлением новых материалов повысились надежность и производительность светодиодов.

В середине 1970-х годов снижена себестоимость производства светодиодов. Это произошло благодаря изобретению планарной технологии производства кристаллов. В середине 1980-х годов изобретен арсенид галлид натрия, позволивший существенно увеличить яркость свечения диодов.

Существенных инноваций на рынке светодиодов не было вплоть до 1991 года, когда были изобретены ярко-синие светодиоды InGaN типа. Удалось их создать японскому ученому Суджи Накамура (1954 г. р.). В 2014 Нобелевскую премию по физике за открытие синих светодиодов, приведших к появлению ярких и энергосберегающих источников белого света, получили Суджи Накамура, Исаму Акасаки и Хироси Аmano.

В 1997 году белые светодиоды изготовил Фред Шуберт.

Вплоть до 2006 года рынок продолжал развиваться и постепенно набирать обороты. Новый виток в развитии произошел за счет того, что начали производиться гораздо более мощные светодиоды, светоотдача которых характеризовалась удивительными 100 Лм/Вт. До 2010 года рынок продолжал свое стремительное развитие. В продаже уже легко можно было найти светодиоды практически любого основного цвета, а также светодиоды с совмещением цветов. Яркость достигла 250 Лм/Вт — очень высокий показатель, недостижимый для других видов освещения.

Nick Holonyak — учёный, изобретатель, профессор Иллинойского университета, член Национальной и Национальной инженерной академий наук США, отец светодиодов, внёсший решающий вклад в развитие кремниевых p-n-p-n ключей и управляемых кремниевых выпрямителей, которые называются тиристоры, а также лауреат Международной энергетической премии «Глобальная энергия» (рис. 2).

Его отец Мыкола — старший и мать малограмотные селяне из Закарпатья эмигрировали в Америку еще до первой Мировой войны. Отец, чтобы семья смогла жить и здравствовать, почти сразу по приезду в Иллинойс устроился работать на угольную шахту. Ник Холоньяк родился 3 ноября 1928 года¹² в Цайглере, Иллинойс (США). Мальчик с детства разбирал и собирал с отцом моторы и другую технику. Читал книги по физике. Еще учась в колледже, вынужден был на каникулах зарабатывать на дальнейшее образование на железной дороге, на сталелитейном заводе. Занимаясь в университете, настойчивый студент вскоре обратил на себя внимание преподавателей. После получения докторской степени под патронатом Дж. Бардина в 1954 году Ник получает приглашение на работу в самое знаменитое исследовательское учреждение США — «Bell Labs». Здесь трудились 11 лауреатов Нобелевской премии. Учитель провел свои исследования на германии, ученик изготовил первый в мире транзистор из кремния, что стало предпосылкой для быстрого развития компьютерных технологий. В 1962 году Н. Холоньяк и С.Ф.Бевакуа сообщили в «Applied Physics Letters» о создании первого светодиода видимого света. В 2005 году группа исследователей во главе с Ником Холоньяком и Милтоном Фенгом известили о создании транзисторного лазера, работающего при комнатных температурах.

¹² В Сети есть две даты рождения Nick Holonyak в связи с неправильным пониманием записи (1928. 11. 03). Задача искателя найти истину или хотя бы указать направление поиска. [15]

На данный момент Ник Холоньяк продолжает свою научную деятельность и занимается проблемами лазеров на квантовых точках. Холоньяк является обладателем внушительного списка наград. Некоторые коллеги и товарищи Ника считают, что в его послужном списке не хватает Нобелевской, но, по словам самого учёного, не премиями нужно мерить счастье. В 1997 году учреждается Премия Ника Холоньяка.

Дж. Бардин стал единственным, кто получил Нобелевскую премию по физике дважды. Вместе с Л. Купером и Дж. Шриффером он стал в 1972 году лауреатом самой престижной в мире премии по физике за создание теории сверхпроводимости (БКШ-теории). В 1966 году Бардин был гостем Харькова. На снимке мы видим за столом во ФТИНТ директора института Б.И. Веркина и рядом Дж. Бардина в очках (рис. 3).



Рис. 3. За беседой: в центре Б.И. Веркин, правее Дж. Бардин (ФТИНТ АН Украины, 1966 год)



Рис. 4. Б.И. Веркин (справа) и А. Шавлов. США, 1969 год

В этом году исполняется 100 лет со дня рождения основателя института низких температур. [16]

Борис Иеремиевич Веркин (8 августа 1919–12 июня 1990), родился в Харькове, получил университетский диплом в 1940 году. Много сделал не только для физики, биологии, но и медицины. Взять хотя бы совместное с Н.С. Пушкарем создание в 1972 году Института криомедицины и криобиологии. А также исследования и создание аппаратов УФОК.

По свидетельству очевидцев, когда в 1961 году на заседании АН Украины БИ (как Веркина называли) избрали член-корреспондентом не по

отделению физики, как ему хотелось, а по отделению полупроводников, он обиделся. Положение исправили избранием его академиком в 1972 году.

Веркин был знаком со многими замечательными учеными. На фотографии 1969 года БИ с Артуром Шавловым, который предложил в 1958 году использовать рубиновые кристаллы цилиндрической формы в качестве генератора света (рис. 4). Свою Нобелевскую премию А. Шавлов получил в 1981 году вместе с Николасом Бломбергенем за исследования в области нелинейной лазерной спектроскопии.

Возвращаясь к прерванной отступлениями нити повествования, продолжим поиск ответа на вопрос: когда же начали применять светодиоды в медицине?

Весной 2000 года в материалах XIV научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» московский специалист по лазерной технике М.Н.Титов в прогнозе «Лазерная терапия — взгляд в XXI век» акцентирует внимание исключительно на использовании лазеров.

Но уже весной следующего года на XV конференции киевляне приводят данные о лечении 406 больных в 1999–2000 годах аппаратом «МИТ-1СД», включающем 36 светодиодов с общей мощностью излучения до 200 мВт на длине волны 660 нм. [17]

Осенью 2001 года в материалах XVI конференции сообщается [18] об эффективности и доступности применения фотонных матриц индивидуального пользования в условиях санаториев, поликлиник и на дому (Рационализаторское предложение № 26 от 10. 02. 2001 г.). На с. 25–26 этого сборника харьковские гинекологи приводят результаты лечения женщин с помощью полупроводникового ИК аппарата «Барва» с длиной волн излучения 850–890 нм.

Если посмотреть на с.4 обложки Фобиологии и Фотомедицины, начиная с первого номера 1998 года, увидим рекламу лазерного массажера Коробова с оптическим блоком. На с. 3 обложки журнала 1,2 2000 года в рекламе «Барва-агро» для предпосевной обработки семян фермерам предлагается воспользоваться облучением полупроводниковыми лазерными диодами с длинами волн излучения 0,65 и 0,89 мкм. Это еще лазер. И, наконец, в номере 3,4 2000 представлена реклама светодиодной матрицы «Барва-Флекс» и фотонного зонда «Барва-ГПУ» с красными и инфракрасными светодиодами.

При сравнении полупроводниковых лазеров и светодиодов в статье [19] преимущество отдается первому только в случае, когда излучение необходимо передать по световоду. При этом к достоин-

ствам второго относится возможность светодиодов быть собранными в матрицы. Авторы [20], рассматривая лазерную терапевтическую технику, тоже видят необходимость в некоторых случаях освещения больших площадей, но используют исключительно полупроводниковые матричные лазеры.

В работе [21] констатируется, что в 1980-х годах на арену выходят серийные ИК полупроводниковые лазеры. Одновременно с лазерными диодами на рынок вышли светодиоды, которые также нашли свое применение в светолечении. В начале 90-х был создан серийный медицинский сканер (дефлектор) для равномерного распределения лазерного света по большим поверхностям.

Рынок медицинских услуг требовал индивидуальных фототерапевтических аппаратов. И энтузиасты откликнулись [22]: «Если «персоналки» и «мобильники» пришли к нам из-за границы, то персональные медицинские лазерные аппараты мы изобрели, разработали и будем изготавливать». Первые заявки на изобретения лазерных и светодиодных гибких матриц, активных зондов и ЛОР-аппаратов были поданы в 1995 году.

Авторы [23] наглядно на схеме представили все классы искусственных источников света — спонтанных и вынужденных. Отмечают, что светодиоды отличаются от лазерных источников своей простотой, надежностью, долговечностью, возможностью варьировать спектр излучения в широком диапазоне, высокой интенсивностью светимости в заданном конусе. Они позволяют выбрать длину волны в любом участке видимого и ближнего ИК спектра. В отличие от лазерных источников светодиоды могут «закрывать» всю ширину спектральной полосы поглощения любого фоторецептора. Но эта полоса (10–50 нм) уже, чем у ламп накаливания.

Возникшая почти в середине 1990-х годов идея создания в первых универсальных фототерапевтических аппаратах были использованы гелий-неоновые лазеры, дающие узкий пучок света. Для увеличения площади освещения приходилось применять линзы или устройства для сканирования луча по телу пациента. У матриц с применением полупроводниковых лазеров на основе (GaAs) и (SiO₂) было много технических проблем. К 1999 году промышленность начала выпускать разноцветные светодиоды с яркостью 60 Лм/Вт, мощностью сравнимой с лазерами, сроком годности, превышающим на порядок. Была создана серия матриц с 24 светодиодами разной конструкции, во всем диапазоне ИК и видимого участков спектра. Для усиления эффективности матрицы были дополнены кольцевыми магнитами, коаксиальными светодиодам. При использовании светодиодных матриц в полной мере реализуются

два основных принципа врачевания: «Не навреди!» и «Лечи больного, а не болезнь». [24,25,26]

Любой свет — естественный ли, искусственный, спонтанный или вынужденный, с узким лучом или «размазанный» пятном характеризуется только длиной волны излучения и его энергией. Так, что пока светит Солнце и кровь струится по жилам, жизнь будет продолжаться. Появятся новые источники света (например, на алмазе¹³ с примесями) и новые методы профилактики и лечения больных. И совсем новая история с новыми участниками.

Свет остановить нельзя.

В заключение хочется поделиться еще одной находкой. Осенью 2018 года в тезисах докладов Русановых К.В. и Е.Г. на XLIX конференции по «Применению лазеров в биологии и медицине» был поднят вопрос о дате встречи в Киеве двух основоположников фототерапии Е. Местер и Н.Ф. Гамалеи. Ни харьковчане, ни киевляне не могли нам подсказать: когда же был сделан фотоснимок двух ученых, приведенный в тексте. Ответ неожиданно нашелся при подготовке настоящей статьи в книге, которая более двух десятков лет стояла на полке в домашней библиотеке и неоднократно читалась нами по разным поводам. Олег Ксенофонович Скобелкин вспоминает о единственном приезде Э. Местера в Советский Союз: «На нашей встрече в 1976 году Э.Мештер продемонстрировал свои наблюдения по лечению трофических язв, а мы показали результаты терапии гнойных ран». [1, с. 9]

Литература

1. Скобелкин ОК, редактор. Применение низкоинтенсивных лазеров в клинической практике. Москва. 1997. 301 с.
2. Ларюшин АИ, Илларионов ВЕ. Низкоинтенсивные лазеры в медико-биологической практике. Казань: АБАК; 1997. 276 с.
3. Уилсон М. Американские ученые и изобретатели. Москва: Знание; 1975. 134 с
4. Русанов КВ, Русанова ЕГ. Страницы истории фотомедицины: техника диагностического просвечивания в 1860–1880-е годы. Фотобиол. и фотомед. 2015;12(1,2):74-86. 2016;13(1,2):125-38. 2017;14(1,2):75-86.
5. Фарадей М. История свечи. Москва: Наука; 1980. 108 с.
6. Храмов ЮА. Физики Биографический справочник. Москва: Наука; 1983. 400 с.
7. Данин ДС. Неизбежность странного мира. 3-е изд. Москва: Молодая гвардия; 1966. 375 с.
8. Винер Н. Я – математик. Москва: Наука; 1967. 356 с.
9. Наука и техника СССР.1917 – 1987.Хроника. Москва: Наука; 1987. с. 57.
10. Храмов ЮА. Научные школы в физике. Киев: Наукова думка; 1987. 400 с.

¹³ Швед Б. Платен впервые синтезировал алмаз в 1953 году.

11. Рожен А. Американская знаменитость из Закарпатья. Зеркало недели № 2 (631) 20 января 2007. с. 14.
12. Карцев ВП. Всегда молодая физика. Москва: Советская Россия; 1983. 368 с.
13. Чолаков В. Ученые и открытия. Москва: Мир; 1987. 369 с.
14. Гинзбург ВЛ. О физике и астрофизике. Москва: Наука; 1985. 400 с.
15. Источник: <https://www.elec.ru/news/2019/03/11/svetodiody-i-poluprovodnikovyy-lazer-vidimogo-sveta.html>
16. Б.И. Веркин каким мы его помним. Киев: Наукова думка; 2007. 384 с.
17. Шимков ГИ, Таранов ВВ, Костиник ТИ, Ирейфедж Раед Исса. Применение светодиодных матриц в терапевтической практике. Фотобиол. и фотомед. 2001; 1, 2 (IV):99-100.
18. Тондид ЛД, Коробов АМ. Использование фотонной матрицы Коробова «Барва Флекс/К» для стимуляции физиологических мер защиты организма. Материалы XVI Международной научно – практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии» 25 - 28 сентября 2001 года, Феодосия. 2001. 28-9.
19. Лагутин МФ. Солнечно-земное взаимодействие и квантовая терапия. Фотобиол. и фотомед. 1998;1(1,2):109-13.
20. Попов ВД, Холин ВВ. Лазерная терапевтическая аппаратура и периферические устройства. Фотобиол. и фотомед. 1999;2(1,2):83-9.
21. Шевченко ВЛ. Современная концепция построения лазерных терапевтических аппаратов. Фотобиол. и фотомед. 1999;2(1,2):90-6.
22. Коробов АМ. Персональные медицинские лазерные аппараты – новое направление в низкоинтенсивной лазерной терапии. Фотобиол. и фотомед. 2000;3,4:107-10.
23. Осинський ВІ, Павлов СВ, Тужанський СЄ, Камінський ОС, Темчишена АВ. Лазерні та фотонні джерела світла для фотомедицини. Фотобиол. и фотомед. 2010; 12(3,4):91- 7.
24. Коробов АМ, Коробов ВА. Фотонно-магнитные матрицы Коробова А.-Коробова В. «Барва-ФМ/24». Фотобиол. и фотомед. 2012;9(1,2):132-42.
25. Коробов АМ, Коробов ВА, Коробов ДА, Макогон АН. Универсальная фотонно – магнитная матрица Коробова А.-Коробова В. «Барва-ФМ/24». Фотобиол. и фотомед. 2015;12(1,2):96-101.
26. Korobov AM, Korobov VA, Lisna TO. A.Korobov-V Korobov. Phototherapeutic devices of «Barva» series. Translation from ukr. Kharkiv: V.N.Karazin KhNU; 2018. 188 p.
- the 1860s and 1880s]. [Fotobiol. i Fotomed] [Photobiol. and Photomed.]. 2015;12(1,2):74-86. 2016;13(1,2): 125-38. 2017;14(1,2):75-86. (in Russian)
5. Faradej M. Istoriya svechi [History of the candle]. Moscow: Nauka Publ.; 1980. 108 p. (in Russian)
6. Hramov YuA. Fiziki Biograficheskij spravocnik [Physics Biographical reference book]. Moscow: Nauka Publ.; 1983. 400 p. (in Russian)
7. Danin DS. Neizbezhnost' strannogo mira [The inevitability of a strange world]. 3rd ed. Moscow: Molodaya gvardiya Publ.; 1966. 375 p. (in Russian)
8. Viner N. Ya – matematik [I am a mathematician]. Moscow: Nauka Publ.; 1967. 356 p. (in Russian)
9. Nauka i tekhnika SSSR.1917 – 1987.Hronika [Science and technology of the USSR. 1917 - 1987. Chronicle]. Moscow: Nauka; 1987. p. 57. (in Russian)
10. Hramov YuA. Nauchnye shkoly v fizike [Scientific schools in physics]. Kiev: Naukova dumka Publ.; 1987. 400 p. (in Russian)
11. Rozhen A. [American celebrity from Transcarpathia]. Zerkalo nedeli [Mirror of the week]. 2007 Jan 20;2(631):14. (in Russian)
12. Karcev VP. Vsegda molodaya fizika [Always a young physics]. Moscow: Sovetskaya Rossiya Publ.; 1983. 368 p. (in Russian)
13. Cholakov V. Uchenye i otkrytiya [Scientists and discoveries]. Moscow: Mir Publ.; 1987. 369 p. (in Russian)
14. Ginzburg VL. O fizike i astrofizike [About physics and astrophysics]. Moscow: Nauka Publ.; 1985. 400 p. (in Russian)
15. Source: <https://www.elec.ru/news/2019/03/11/svetodiody-i-poluprovodnikovyy-lazer-vidimogo-sveta.html>
16. B.I. Verkin kakim my ego pomnim [Verkin as we remember him]. Kiev: Naukova dumka Publ.; 2007. 384 p. (in Russian)
17. Shimkov GI, Taranov VV, Kostinik TI. [Ireyfedzh Raed Issa. The use of LED matrices in therapeutic practice]. Fotobiol. ta Fotomed [Photobiol. and Photomed.]. 2001;6(1,2):99-100. (in Russian)
18. Tondij LD, Korobov AM. [The use of Korobov's photon matrix "Barva Flex / K" to stimulate physiological body protection measures]. In: Korobov A.M., editor. Materialy XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Primenenie lazerov v medicine i biologii» [Materials of the XVI International scientific-practical conference "Application of lasers in medicine and biology"]; 2001 Sept 25-28; Feodosia. Kharkov; 2001. p. 28-9. (in Russian)
19. Lagutin MF. Solnechno-zemnoe vzaimodejstvie i kvantovaya terapiya [Solar-terrestrial interaction and quantum therapy]. Fotobiol. ta Fotomed. [Photobiol. and Photomed.]. 1998;1(1,2):109- 13. (in Russian)
20. Popov VD, Holin VV. [Laser therapeutic equipment and peripheral devices]. Fotobiol. ta Fotomed. [Photobiol. and Photomed.]. 1999;2(1,2):83-9. (in Russian)
21. Shevchenko VL. [The modern concept of building laser therapeutic apparatus]. Fotobiol. ta Fotomed. [Photobiol. and Photomed.]. 1999;2(1,2):90-6. (in Russian)
22. Korobov AM. [Personal medical laser devices are a new direction in low-intensity laser therapy]. Fotobiol. ta Fotomed. [Photobiol. and Photomed.]. 2000;3,4:107-10. (in Russian)
23. Osins'kij VI, Pavlov SV, Tuzhans'kij SE, Kamins'kij OS, Temchishena AV. [Laser and photonic sources of light for

References

1. Skobelkin OK, editor. [The use of low-intensity lasers in clinical practice]. Moscow. 1997. 301 p. (in Russian)
2. Laryushin AI, Illarionov VE. [Low-intensity lasers in biomedical practice]. Kazan: ABAK Publ.; 1997. 276 p. (in Russian)
3. Uilson M. [American scientists and inventors]. Moscow: Znanie Publ.; 1975. 134 p. (in Russian)
4. Rusanov KV, Rusanova EG. [Pages of the history of photomedicine: a technique for diagnostic transillumination in

- photomedicine]. *Fotobiol. ta Fotomed.* [Photobiol. and Photomed.]. 2010;12(3,4): 91-7. (in Ukrainian)
24. Korobov AM, Korobov VA. [Photonic-magnetic matrices of A. Korobov-V. Korobov "Barva-FM/24". *Fotobiol. ta Fotomed.* [Photobiol. and Photomed.]. 2012;9(1,2):132-42. (in Russian)
25. Korobov AM, Korobov VA, Korobov DA, Makogon AN. [Universal photon-magnetic matrix of A. Korobov-V. Korobov "Barva-FM/24". *Fotobiol. ta Fotomed.* [Photobiol. and Photomed.]. 2015;12(1,2):96-101. (in Russian)
26. Korobov AM, Korobov VA, Lisna TO. A.Korobov-V. Korobov. Phototherapeutic devices of «Barva» series. Translation from ukr. Kharkiv: V.N.Karazin KhNU; 2018. 188 p.