

и т.д. Вывод этих оценок производится при наличии сведений об изменении состояния больного в различные моменты времени (блоки "Коррелятор" и "Прогноз").

На рис. 2 приведен алгоритм функционирования ЭС "Доктор". На первом этапе из базы данных "симптомы" выбираются все значимые для данного больного симптомы, которые связаны нейронной сетью с определенными болезнями из базы данных "болезни". Каждая болезнь характеризуется набором симптомов со своими вероятностями, поэтому наиболее вероятные болезни могут возбуждать обратные связи, которые первоначально отсутствовали. Запрашиваемые новые симптомы либо подтверждаются, либо опровергаются. Подтвержденные симптомы создают вторичные связи, которые увеличивают вероятность данного заболевания.

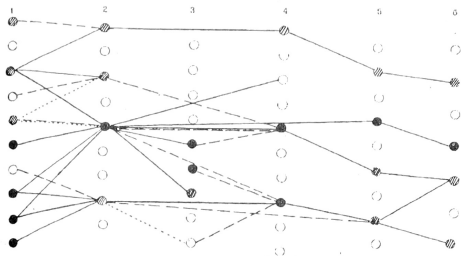


Рис. 2. Модель нейронной сети, описывающая взаимодействие между базами данных (кружки) и базами знаний (связи между кружками): 1 — симптомы, 2 — болезни, 3 — лечебные мероприятия, 4 — общие анализы, 5 — специальные исследования, 6 — лечение (сплошная линия — прямые связи, пунктирная — обратные, точечная — вторичные).

После отработки первого блока программы на экран монитора выдаются ряд заболеваний с соответствующими вероятностями, а также направления на общие анализы или специальные исследования. При критических состояниях больного рекомендуются определенные лечебные мероприятия.

На втором этапе результаты общих анализов сравниваются с их нормальными значениями и при обнаружении отклонений соответствующие данные используются для подтверждения предварительного диагноза или устанавливается новый диагноз. Новый диагноз генерирует набор новых

симптомов, которые либо подтверждаются, либо опровергаются. Затем сравниваются вероятности всех полученных диагнозов. На экран монитора выводятся наиболее вероятные заболевания. Если одна из болезней имеет достаточную вероятность, то ставится соответствующий диагноз и указываются соответствующие возможные заболевания. При необходимости дается направление на специальные исследования.

Результаты специальных исследований анализируются соответствующими экспертными системами. На последней стадии ставится точный диагноз и выбираются методы лечения. При необходимости любую из приведенных процедур можно повторить несколько раз.

ЭС "Доктор" реализована на персональном компьютере AT/386 (286) в операционной системе MS-DOS. Все программы написаны на языке Бейсик.

Существуют три режима работы ЭС — самообучения, обучения и коммерческий.

**Режим самообучения** используется самостоятельно медиками-исследователями для саморекорректировки базы знаний по результатам точно установленных диагнозов, **обучения** — совместно с медиками-экспертами для уточнения соответствующих баз данных и баз знаний и предназначен для обучения ЭС принятию правильных решений, **коммерческий** — при решении практических задач без участия разработчиков.

Итак, разработанная нами медицинская экспертная система "Доктор" предназначена для создания автоматизированной системы по аттестации медицинских работников в условиях перехода к страховой медицине, разработки консультирующей системы по обеспечению врачей необходимыми базами данных и базами знаний для принятия более правильных решений при диагностике и лечении больных, автоматизации обучения студентов-медиков по постановке диагнозов и назначению лечебных мероприятий с учетом неоднозначной корреляции между различными базами данных о состоянии пациента и возможными заболеваниями, представления медикам-исследователям базы данных, базы знаний и структуры построения ЭС (оболочки) для уточнения данной ЭС или создания новых ЭС.

Поступила 15.02.94.

## НОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

УДК 615.849.19

### ЛАЗЕРНАЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ ФИЗИО-, РЕФЛЕКСОТЕРАПИИ И ХИРУРГИИ

А.И. Ларюшин

НПО "Электрон" (директор — действительный член РАЕН, проф. А.И.Ларюшин)

На основе проведенных исследований и медицинской практики разработаны медико-технические требования для создания нового поколения лазерной техники. В результате сконструированы и освоены новые типы лазерной медицинской аппаратуры, основанные на использовании низко- и высокоинтенсивного лазерного излучения.

Одной из важнейших характеристик лазерного излучения является его спектральная характеристика, или длина волны, измеряемая в нанометрах или микрометрах ( $1 \text{ м} = 10^6 \text{ мкм}$ ,  $1 \text{ мкм} = 1000 \text{ нм}$ ;  $1 \text{ м} = 10^9 \text{ нм}$ ). Энергия фотонов и химических связей субстрата схематически показана на рис. 1.

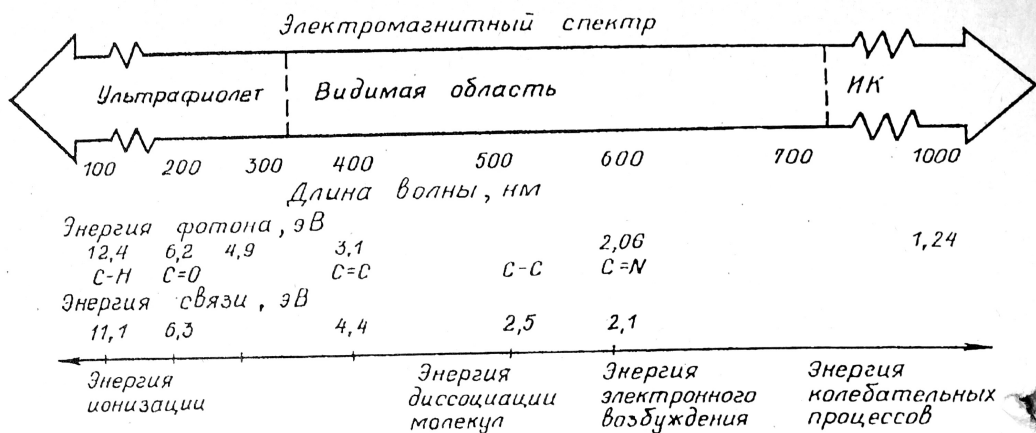


Рис. 1. Энергия фотонов и связей биосубстрата.

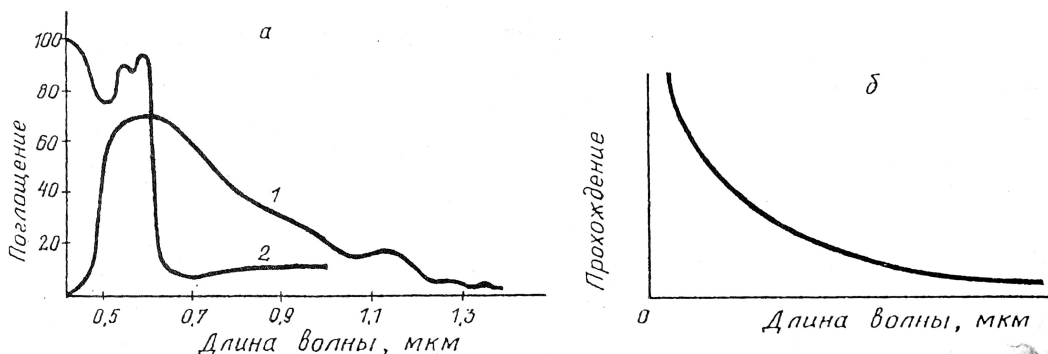


Рис. 2. Поглощение лазерного излучения в зависимости от длины волны: а — кривые светового поглощения меланина (1) и гемоглобина (2); б — прохождение светового излучения в воде.

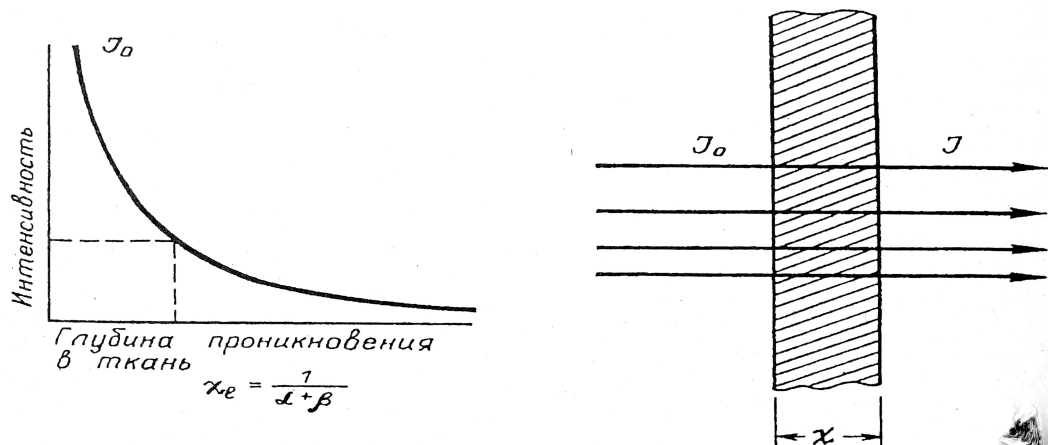


Рис. 3. Графическое представление закона Бугера — Ламберта — Бера.  $\chi_e$  — глубина проникновения в ткань (при глубине  $\chi_e = \frac{1}{\alpha + \beta}$  интенсивность составляет 37% от интенсивности на поверхности ткани);  $\alpha$  — коэффициент поглощения;  $\beta$  — коэффициент отражения.

Согласно результатам исследований, фотобиологической активностью лазерное излучение обладает в ультрафиолетовой, видимой или инфракрасной областях. Фотохимическое и фотофизическое действие может оказывать только то излучение, которое поглощается биотканью. В этом процессе важны два фактора: общее количество

энергии, точнее, число квантов света, поглощаемых в единицу времени, то есть скорость фотопроцесса, и величина поглощаемого кванта света, определяющая энергетику самой фотореакции. Чем ближе излучение к УФ-области спектра, тем выраженнее тепловое действие квантов света и выше фотохимическая активность.

Биоткани в подавляющем случае являются интенсивно рассеивающими средами, их толщина и структура влияют на поглощение лазерного излучения. Степень рассеивания света зависит от длины лазерного излучения и оптических свойств биоткани — коэффициента отражения и коэффициента поглощения участками ткани (рис. 2).

Глубина проникновения лазерного излучения в биоткань находится в экспоненциальной зависимости от интенсивности излучения. Эта зависимость известна как закон Бугера — Ламберта — Бера (рис. 3).

Хирургическое вмешательство (даже лазерное) не всегда необходимо. Хорошие результаты можно получить за счет низкоинтенсивного лазерного излучения, применяемого в физио- и рефлексотерапии. Для получения оптимального лечебного эффекта выявлены основные принципы лазерной терапии, но для их выполнения потребовался дополнительный технический анализ. К моменту работы было изучено более двухсот лазерных терапевтических аппаратов. Все они в основном оптимизировались по двум параметрам: длине волны и выходной мощности. В этой связи их можно разделить на три группы в зависимости от вида используемого лазера: 1) He-Ne-лазеры непрерывного режима генерации (длина волны — 0,63 мкм, мощность — не выше 20 мВт); 2) полупроводниковые лазеры непрерывного режима генерации (длина волны — 0,8 — 1,3 мкм, мощность — в пределах от 2 до 50 мВт); 3) полупроводниковые лазеры импульсного режима генерации (длина волны — 0,8 — 0,9 мкм, мощность — 2 — 15 Вт).

Исходя из результатов анализа механизмов действия на биоткань с учетом несовершенств серийно выпускаемой аппаратуры были определены следующие нерешенные проблемы лазерной физио- и рефлексотерапии: 1) разработка аппаратуры ультрафиолетового и зеленого диапазонов длин волн; 2) конструктивная реализация повышения мощности и модуляции излучения красного диапазона длин волн; 3) аппаратная реализация комбинированных электролазерных и многочастотных лазерных методов для физио- и рефлексотерапии; 4) создание средств эффективной модуляции и биоуправления лазерного излучения; 5) разработка автоматизированной базы для эффективного выбора техники и методики процедур лазерной физио- и рефлексотерапии.

В результате ряда конструктивных решений и клинических испытаний впервые в России упомянутые проблемы создания лазерной медицинской аппаратуры с ее последующей реализацией и автоматической оптимизацией лазерного излучения были разрешены.

Приводим краткую характеристику разработанных и внедренных в лечебную практику лазерных медицинских аппаратов.

1. При разработке лазерного ультрафиолетового аппарата "Ливень" применен излучатель серийного лазера ЛГИ-21 (длина волны — 0,337 мкм, плавная регулировка мощности — от 0 до 2 мВт, импульсный режим работы с частотой 10 — 100 Гц). Совместно с Институтом им. Склифосовского и Российским лазерным центром аппарат был успешно использован для лечения гнойных, ожоговых ран и других заболеваний без хирургического вмешательства.

2. Для аппаратной реализации установки в зеленой области спектра (длина волны — 0,53 мкм, средняя мощность — 0,63 Вт) был применен се-

рийно выпускаемый гранатовый (ИАГ-Nd<sup>3+</sup>) одномодовый лазер ЛТИ-709 с удвоением частоты.

Результаты медицинских испытаний, проведенных совместно с ЦНИИ стоматологии, позволяют рекомендовать аппарат для лечения заболеваний полости рта и в челюстно-лицевой хирургии.

3. Разработанная и серийно выпускаемая (под руководством автора) аппаратура на базе красных гелий-неоновых лазеров, подобная "Истоку" и "Лееру", качественно превосходит выпущенные до них установки "Ягода" и УЛФ, но предпочтительнее терапевтический переносный лазерный аппарат ТПЛА. При его создании впервые использована конструкция "сложенного" резонатора, и при малых габаритах и весе мощность на выходе световода достигает 40 мВт. Сущность "сложенного" резонатора заключается в том, чтобы за счет многократного отражения светового пучка от дополнительных зеркал внутри резонатора конструктивно удлинить резонатор для обеспечения повышенной мощности излучения без увеличения габаритов и веса излучателя.

4. При ряде заболеваний для повышения эффективности лечения требуется комбинированное воздействие на биологические активные точки и рефлексогенные зоны. С этой целью впервые в стране создан и внедрен аппарат лазерной и электростимуляционной рефлексотерапии "Контакт" (рис. 4).

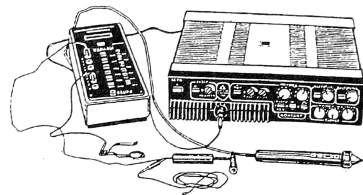


Рис. 4. Аппарат лазерной и электростимуляционной терапии "Контакт".

5. Впервые в стране разработан и внедрен электролазерный аппарат "Ярило", обеспечивающий комбинированное воздействие излучения двух длин волн (0,63 мкм и 0,89 мкм) и электростимуляцию непосредственно на патологическую зону с получением синергетического (то есть одновременного) эффекта (рис. 5). Аппарат может быть применен при некоторых специфических заболеваниях, например при хроническом простатите.

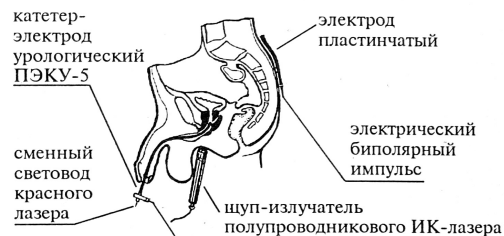


Рис. 5. Схема лечения с применением электролазерного аппарата "Ярило".

6. Для более мягкого воздействия на биологические активные точки и рефлексогенные зоны при улучшенном терапевтическом эффекте впервые в России была решена техническая задача обеспечения модуляции лазерного излучения шумовым сигналом. С этой целью в ранее разработанные при участии автора аппараты серии АЛТП-2 и АЛТП-2-1 введены последовательно соединенные генератор шума и фильтр нижних час-

тот с амплитудно-частотной характеристикой вида  $1/f$  "фликер" — шум ( $f = 2 \text{ Гц} - 20 \text{ кГц}$ ).

7. К настоящему времени на основании медицинских и инструментальных исследований по применению лазерной техники в терапии накоплен арсенал методов лечения различных заболеваний. С целью полного, своевременного и оперативного представления информации врачу-специалисту при минимальных временных и материальных затратах совместно с КФМЭИ (кафедра промышленной электроники) разработана автоматизированная информационная база выбора техники и методики процедур (АРМ). Внешний вид АРМ и его блок-схема приведены на рис. 6 и 7.



Рис. 6. Внешний вид автоматизированного рабочего места (АРМ) врача.

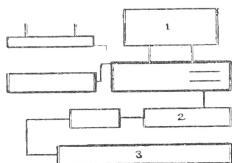


Рис. 7. Блок-схема (спецификация) автоматизированного рабочего места врача.

Условные обозначения: 1 — компьютер типа МС-0517 или совместимый с IBM PC/AT монитор, процессорный блок, клавиатура, принтер (предназначен для автоматизированного расчета индивидуальных доз облучения), 2 — интерфейс (предназначен для электронного сопряжения компьютера с лазерным излучателем), 3 — лазер (блок питания, лазерный излучатель), 4 — программное обеспечение.

8. Различные гипотезы механизма действия лазерного излучения позволили определить акцепторы поглощения разных длин волн, которые помогают установить пороговые значения терапевтической дозы и мощности. Но практически даже эти параметры бывают весьма противоречивыми. Отсюда возникает задача автоматической оптимизации режима лазерного излучения — биоуправ-

ления. Суть биоуправления состоит в модуляции интенсивности лазерного излучения сигналами датчика биоритма самого больного. В прямых экспериментах на тканевом уровне доказано, что фазы усиления клеток совпадают с увеличением кровеносного наполнения ткани. Следовательно, благоприятные моменты терапевтического воздействия должны приходиться на фазы сокращения сердца и вдоха больного. В настоящее время удалось технически реализовать блок биоуправления для аппаратов АЛТП-Био, АЛТМ-Био, "Контакт"-Био, который позволяет модулировать интенсивность излучения сигналами с датчиков пульса и дыхания, расположенных на теле больного.

Лазерные пучки высокой интенсивности нашли применение в различных областях хирургии. Сфокусированный лазерный пучок является уникальным скальпелем. С его помощью возможно проведение бескровных операций ("сухое поле"), так как оптическое излучение как бы заваривает кровеносные сосуды. Такой метод хирургии отличается высокой стерильностью в силу исключения контакта живой ткани с инструментом. При непосредственном участии автора была создана и реализована на практике лазерная хирургическая установка на основе  $\text{CO}_2$ -лазера "Скальпель-1".

В ходе дальнейшего применения высокоинтенсивного лазерного излучения были разработаны и внедрены хирургические установки для ожоговой хирургии "Ромашка-1" и установка для микрохирургии "Ромашка-2". Одно из основных достоинств установок "Ромашка-2" — уникальная конструкция светопровода, позволяющая адаптировать ее с кольпоскопом и хирургическим микроскопом. В этой связи установка является многофункциональной и конкурентоспособной.

В настоящее время при непосредственном участии автора ведутся работы в области применения высокоинтенсивного излучения на гранатовых лазерах. Среди них следует отметить "Литотриптор" — установку для разрушения камней в почках и эндодентическую (стоматологическую) установку для замены бормашины.

Таким образом, новейшая лазерная техника обладает рядом достоинств, позволяющих применять ее в профилактике, диагностике и лечении заболеваний. Ее использование особенно экономично и эффективно в условиях дефицита медикаментов, медикаментозной перегрузки больных, роста заболеваемости СПИДом и перехода к страховой медицине.

Поступила 15.12.95.

## В НАУЧНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ОБЩЕСТВАХ ТАТАРСТАНА

### ОТЧЕТ О РАБОТЕ НАУЧНО-МЕДИЦИНСКОГО ОБЩЕСТВА ХИРУРГОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН ЗА 1994 — 1995 гг.

За прошедшие два года деятельность правления научно-медицинского общества хирургов Республики Татарстан была направлена на дальнейшее развитие хирургии, улучшение качества оказания хирургической помощи населению, повышение квалификации хирургов, особенно молодых, укрепление традиций казанской медицинской школы. Своей успешной работой общество во многом обязано твердой позиции и уверенному руководству председателя правления НМОХ РТ, заведующего кафедрой клинической анатомии и

оперативной хирургии Казанской государственной медицинской академии, проф. И.А. Ибатуллина. Пользуясь случаем, правление выражает ему за это искреннюю благодарность.

За отчетный период состоялось 11 пленарных заседаний, на которых заслушано 15 докладов, показано 4 учебно-методических видеофильма, проведена одна демонстрация больного.

В начале каждого года с отчетом о работе хирургической службы Республики Татарстан и г. Казани выступали главный хирург Министерства здра-