С.В. МОСКВИН

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ

СЕРИЯ «ЭФФЕКТИВНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ТЕРАПИЯ»

Том 2

МОСКВА–ТВЕРЬ, 2014

**УДК 615.849.19**
**ББК 53.54**
**М82**

**Москвин С.В. Эффективность лазерной терапии.** Серия «Эффективная лазерная терапия». Т. 2. – М.–Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2014. – 896 с. – 202 ил.
**М82** ISBN 978-5-94789-636-7

*Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр лазерной медицины Федерального медико-биологического агентства»*

В основу книги легли ответы на многочисленные вопросы слушателей специализированных курсов по программе «Лазерная медицина». Впервые сделан системный анализ возможных путей повышения эффективности лазерной терапии, обобщающий выводы из многочисленных работ, опубликованных за десятилетия развития лазерной терапии, приводятся результаты собственных исследований, обоснованы механизмы биологического (терапевтического) действия низкоинтенсивного лазерного излучения, даются рекомендации для высокоэффективной лазерной терапии, сделанные на основе глубокого понимания процессов, происходящих при взаимодействии лазерного света с живой клеткой и биотканями.

Нашей задачей было показать способы и пути повышения эффективности лазерной терапии, поэтому так детально рассмотрены основные принципы определения оптимальных параметров методик: выбор длины волны и режима работы лазера, времени экспозиции, частоты, площади освечивания и способов воздействия. Много внимания уделяется вопросам согласования внешнего воздействия с периодами регулирования различных физиологических систем, практической реализации в лазерной терапии известных хронобиологических подходов. Рассмотрены основные принципы сочетанной и комбинированной лазерной терапии, приведены примеры наиболее удачных методик комплексного воздействия.

Детально описана современная профессиональная лазерная терапевтическая аппаратура как эффективный инструмент специалиста, её возможности и перспективы развития. Показано, что наилучшие результаты лечения могут быть получены только при использовании широкого спектра лазерных излучающих головок и насадок с максимальной оптимизацией режимов. Много внимания уделено сочетанным и комбинированным методикам. Российские аппараты серии ЛАЗМИК® единственные, которые позволяют реализовать все потенциальные возможности современной лазерной терапии.

Эта книга, вторая в новой серии «Эффективная лазерная терапия», рассчитана на специалистов в области лазерной медицины, практических врачей, слушателей специализированных курсов, аспирантов, студентов, всех, кого интересуют новые методы высокоэффективного лечения. Все книги серии на сайте www.llltlaser.ru.

**Москвин Сергей Владимирович** – доктор биологических наук, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБУ «Государственный научный центр лазерной медицины ФМБА РФ», профессор кафедры реабилитационной и спортивной медицины ФГБОУ ДПО ИПК ФМБА РФ, автор более 400 научных публикаций, в том числе более 50 монографий и 20 патентов.

**ББК 53.54**

**ISBN 978-5-94789-636-7**

© С.В. Москвин, 2014
© Оформление ООО «Издательство «Триада», 2014

Многие из тех, кто попытается
прочитать эту книгу до конца,
закроют её неудовлетворёнными,
в задумчивости спрашивая себя,
что я здесь преподнёс – факты,
метафизические теории
или мечтания.

*Пьер Тейяр де Шарден*

# ПРЕДИСЛОВИЕ

За одиннадцать лет, прошедших с выхода в свет книги с аналогичным названием [Москвин С.В., 2003] многое изменилось. Стали понятны в деталях механизмы биологического действия (БД) низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ), лазерную терапию (ЛТ) признали во всём мире, мощный импульс в своём развитии получила лазерная терапевтическая аппаратура, появились новые лазерные источники света и технологии проведения процедур, косметология в России теперь одно из медицинских направлений. Почти все предположения и идеи, высказанные в предыдущей работе, нашли своё подтверждение и обоснование, теперь это уже не теоретические, часто абстрактные размышления, а совершенно конкретные практические рекомендации для современной лазерной терапии. Всё это свидетельствует о перспективности метода, дальнейшее развитие которого возможно лишь при условии глубокого понимания принципов и способов повышения эффективности лазерной терапии, обоснованности методических рекомендаций.

Чтобы научиться прогнозировать эффективность и применимость тех или иных параметров НИЛИ в методиках ЛТ, надо в мельчайших деталях понимать механизмы биологического (терапевтического) действия НИЛИ. Изучению первичного и вторичных процессов взаимодействия лазерного света с биологическими структурами посвящена первая часть книги, но и в других разделах также обосновываются оптимальные параметры различных методик на разных уровнях организации живой материи, исходя из базового понимания исключительности и специфичности физических свойств именно лазерного света.

Попытки получить в своё время консультации у специалистов по этим вопросам не увенчались успехом, мнения настолько полярно расходились, что сделать правильные и однозначные выводы не представлялось возможным, в отношении же первичного механизма БД НИЛИ вообще существовали лишь общие представления, касающиеся в основном вторичных эффектов. На выручку пришёл системный анализ, применение которого на основе имеющихся литературных данных позволило понять принципиальную значимость некоторых параметров НИЛИ и методик для повышения эффективности ЛТ, а также разобраться в том, какие из них несущественны. Этому и была посвящена первая книга, представляющая собой в значительной степени лишь

теоретические предположения, на основе которых, впрочем, были разработаны принципы построения лазерной терапевтической аппаратуры, используемые сегодня почти всеми производителями в России [Москвин С.В., 2003(1)].

Но оставался открытым вопрос о первичном механизме БД НИЛИ, отвечая на который, специалисты либо разводили руками, демонстрируя, таким образом, свою неосведомлённость, либо выдвигали гипотезы, не подтверждающиеся практикой. Совершенно понятно, что первичный механизм (процесс) единственный, поскольку не может одномоментно происходить несколько взаимодействий в тот момент, когда какой-то компонент живой клетки поглощает световую энергию. О многочисленных вторичных процессах, развивающихся в организме после того, как освечивание уже прекращено, информации на тот момент (начало 2000-х) было уже вполне достаточно для признания лазерной терапии как эффективного метода лечения во всём мире. Требовалось лишь предложить такую объединяющую все теории модель, которая смогла бы объяснить многочисленные эффекты, наблюдавшиеся на практике, предсказывать наиболее эффективные параметры терапевтических методик. И эта задача нами была успешно решена.

Некоторые гипотезы необычайно живучи, особенно когда их используют в виде ширмы для прикрытия и коммерциализации ничего не стоящих лечебных или диагностических манипуляций. Но «работает» это только до первой практической проверки, как и произошло с известной теорией, «обосновавшей» назначение индивидуальной диеты по группе крови (т. н. гемокод). Оказалось, что у подобной избирательности нет никакой специфичности, любое ограничение еды независимо от группы крови нормализует такие показатели, как масса тела, кровяное давление, уровень холестерина, глюкозы, инсулина, триглицеридов и др. [Wang J. et al., 2014]. С критикой подобных «научных» подходов в рамках рассматриваемой темы также можно ознакомиться в 4-й части книги.

Мы же многочисленными исследованиями и уже многолетним опытом практического применения наших рекомендаций однозначно доказали, что первичным механизмом БД НИЛИ является именно термодинамический запуск $Ca^{2+}$-зависимых процессов [Москвин С.В., 2003(2), 2008(2)]. Дальнейшая работа, которая продолжается и в настоящее время, проводится лишь в рамках уточнения предложенной модели, обоснования известных и разработки новых методик лазерной терапии. Самое главное, что теперь не способы воздействия «подгоняют» под аппарат, пытаясь получить некий результат, исходя из имеющегося в наличии оборудования, но впервые в мире аппаратура (в том числе и сами лазерные диоды) стала разрабатываться под *оптимальные* параметры *высокоэффективных* методик лечения.

Создана комплексная система обоснования и внедрения современной методологии лазерной терапии, которая:

- базируется на понимании первичного механизма БД НИЛИ,
- предлагает оптимальные параметры методик,

– для которых разрабатывается техническое обеспечение (аппараты, лазерные излучающие головки и насадки),
– проводятся клинические исследования, подтверждающие эффективность методик и аппаратуры,
– внедряются в клиническую практику как методики, так и инструменты для их реализации.

Такой комплексный подход позволил поднять лазерную терапию до уровня по-настоящему надёжного, воспроизводимого и высокоэффективного метода лечения в самых разных областях медицины.

В книге также приведены наиболее важные результаты некоторых наших экспериментальных и клинических исследований и вытекающие из них рекомендации, как примеры, позволяющие любому практическому врачу понять логику обоснования оптимальных и максимально эффективных методик лазерной терапии. Реализовать комплексную программу порой бывает не просто, но самое главное, важно понять и принять основную идею – только *все* параметры методики вместе (5–6 и более) и *только в совокупности* позволяют достичь наилучшего результата.

Знание первичного механизма БД НИЛИ позволило разработать «технологию» лазерной терапии, т. е. достаточно строгие, но обоснованные правила последовательности проведения процедур. Настоящая работа является развитием методологии, важнейшим дополнением в части совершенствования стандартных методик [Москвин С.В., Пономаренко Г.Н., 2014]. Проведённые за последние годы исследования, доказавшие справедливость наших рекомендаций, позволили вполне уверенно прогнозировать результат лечения в зависимости от изменения параметров воздействия и состояния пациента, отойти от базового варианта методики. Это является, пожалуй, главным достижением реализации комплексной программы повышения эффективности ЛТ.

Представленная работа также и результат почти 20-летнего преподавательского опыта. Для безгранично ленивого человека, уставшего отвечать на одни и те же вопросы, оказалось проще их систематизировать, изложить в одной книге и дать ответы в развёрнутой и аргументированной форме. Насколько попытка представленного материала в таком виде оказалась удачной, судить читателю. Важно, что это далеко не законченный труд, а некий этап, и выводы в конце каждой главы дают лишь частичное представление о том, сколько на самом деле существует способов повышения эффективности лазерной терапии. Их перечень далеко не полный, развитие направления (методологии и аппаратуры) происходит стремительно, метод активно внедряется в самые разные области медицины, расширяется и методологическая основа. Многие темы книги совершенно не раскрыты, это ещё предстоит сделать. Получить дополнительную информацию, не вошедшую в книгу по разным причинам, можно на специализированных курсах или по электронной почте у автора.

За прошедшее время изменилось отношение к лазерной терапии во всём мире, хотя совсем недавно метод полностью игнорировали, считали, что его

эффективность не доказана, мало достоверных исследований, механизмы неизвестны и пр. Но настоящие профессионалы давно заметили, что все работы с отрицательными результатами лишь следствие неправильно заданных параметров методики, а выводы из этих исследований часто цитируют, читая только абстракты, не вникая в истинную суть [Tunér J., Hode L., 1998]. Развивалась лазерная терапия в Японии (институт лазерной терапии успешно работает с 1980 года по сей день) [Ohshiro T., 1993], Китае [Zhou Yo-cheng, 1991], Канаде [McKibbin L.S., Downie R., 1991(1)], Вьетнаме [Lap V.C. et al., 1994], странах Латинской Америки, Восточной Европы [Ailioaie C. et al., 2006], где метод применяли всегда, пусть и не с таким размахом, как в СССР, а позднее в России [Korepanov V.I., 1997; Skobelkin O., 1994]. Толчком к мировому продвижению самого (не побоимся преувеличения) перспективного направления физиотерапии стало официальное его признание в Европе в 2000 году и в США в 2003 году, что привело к настоящему буму в распространении за рубежом. Но в связи с этим хотелось бы обратить внимание также и на несколько обстоятельств «политического», если так можно выразиться, плана.

Во-первых, резко выросло число исследований и публикаций в зарубежных научных журналах статей, посвящённых изучению механизмов БД НИЛИ и клиническому применению метода, в 2011 году опубликовано уже более 400 таких работ, а это почти 20-кратное увеличение за 10 лет [Bjordal J.M., 2012]. Выполнены они в большинстве случаев в соответствии со всеми современными требованиями в отношении доказательной медицины (рандомизированные исследования с двойным слепым контролем), что, безусловно, способствует продвижению метода. Однако подавляющее большинство работ является лишь повторением исследований, проведённых ещё в СССР в 70–80-е годы прошлого века. Что эти данные публиковались практически только на русском языке и малоизвестны, не должно приводить к переоценке приоритетов, а попытки такого рода уже есть. Тем не менее отдаём должное мировой науке: в книге приводится уникальный в своём роде обзор литературы и более 1200 ссылок на иностранные источники.

Личный многолетний опыт общения с зарубежными коллегами, многочисленные поездки с лекциями и анализ зарубежной тематической литературы позволяют разобраться в особенностях реализации методик в разных странах и сделать всё же однозначный вывод – российские учёные и практические врачи в этой области опережают весь мир с огромным отрывом. Как в понимании механизмов, так и самой сути методологии лазерной терапии, не говоря уж о богатейшем, более чем 40-летнем, практическом опыте. Ни в одной стране мира никогда не смогут даже приблизиться к тому уровню знаний, которым обладает любой российский врач, прошедший специализированные курсы, ознакомившийся с соответствующей литературой и только начавший работать. Тому есть много причин.

Во-вторых, с появлением интереса к лазерной терапии, в полном соответствии с законами бизнеса, как грибы после дождя (извините за банальность)

стали появляться компании, производящие соответствующие аппараты, например, в Европе и США ежегодно таковых регистрируются десятки [Плавский В.Ю. и др., 2007]. Не имея никаких, даже минимальных, представлений о методе и условий для его эффективной реализации, тем не менее чрезвычайно активно предлагают свои малоэффективные (правда, внешне вполне симпатичные) «дивайсы», в том числе и на российском рынке, главными отличительными особенностями их являются большая мощность лазерных источников и высокая цена. Изящно упакованная бесполезность – так можно сказать о всех иностранных аппаратах без исключения. Разработчики их просто не способны ничего придумать, чтобы выделиться из толпы конкурентов, кроме как увеличение мощности лазера. Действия зарубежных коллег можно сравнить с предложением кувалды хирургу, которому требуется небольшой и острый скальпель для проведения сложной операции. При этом горе-продавцы так радостно и уверенно убеждают в необходимости приобретения «кувалды» именно у них (поскольку она больше и тяжелее), что, похоже, искренне не понимают её бесполезности для данного вида лечения. К счастью, подавляющее большинство российских специалистов игнорируют подобные предложения (если, конечно, интересует положительный результат лечения, а не иное).

В западных странах принято все действия медперсонала ограничивать строгими рамками. Одной из причин медленного продвижения лазерной терапии там всегда было именно большое число факторов, влияющих на эффективность лечения, и сложность принятия решения не воспринимается коллегами, ограничение же методик двумя параметрами, куда и сколько светить, не позволяет получить стабильный и приемлемый результат. Конечно, понимания необходимости выполнения всех рекомендаций, представленных в этой книге, за рубежом не будет никогда, но движение в правильном направлении уже есть. И пусть не обижаются авторы некоторых (в основном англоязычных) публикаций, что часто ссылки на их работы начинаются со слов: «Даже зарубежные коллеги уже начали понимать…». Просто потому, что только сейчас они действительно только *начинают* осознавать и понимать то, о чём в России почти все знали ещё 30–40 лет назад и что является азбукой для начинающих, первые часы лекций на курсах повышения квалификации. Проблема не только в различиях ментальности, но и в языковом барьере, публикующиеся в англоязычной печати российские авторы, как правило, сами плохо разбираются в теме, а журналы и книги специалистов, издаваемые у нас, за рубежом почти недоступны. Относительно активный обмен информацией, данными действительно стоящих исследований и эффективными методиками происходит только в пределах бывшего СССР и только на русском языке.

В ключе перспектив развития лазерной терапии за рубежом радуют рекомендации Всемирной лазерной терапевтической ассоциации (World Association of Laser Therapy, WALT) относительно оптимальных параметров лазерной терапии (http://www.walt.nu/dosage-recommendations.html), носящие явно прогрессивный характер, хотя пока далеко несовершенны. Наши комментарии,

которые мы приводим ниже, относятся к версии от июля 2013 года, надеемся на соответствующую коррекцию рекомендаций WALT в дальнейшем.

Разделены импульсный (длина волны 904 нм) и непрерывный (спектральный диапазон 780–860 нм) режимы, что чрезвычайно важно. Однако при рекомендуемой импульсной мощности ≥ 1 Вт средняя мощность и её плотность почему-то имеют ограничение снизу (≥ 5 мВт и ≥ 5 мВт/см$^2$ соответственно). Такие величины можно получить только при очень высокой частоте повторения импульсов, тогда как многолетний российский опыт применения импульсных лазеров с самой распространённой и эффективной частотой 80 Гц не учитывается. Средняя мощность в этом случае составляет порядка 0,01–0,1 мВт (в зависимости от импульсной мощности) и позволяет получать стабильно хорошие результаты лечения, работая в гарантированно безопасной области энергетических параметров. Кроме того, в рекомендациях WALT вообще путают импульсный и модулированный режимы, что совершенно недопустимо. Именно импульсный режим в большинстве методик предпочтителен, но необходимо знать особенности работы с ним, и это уже стали понимать даже наши зарубежные коллеги [Hashmi J.T. et al., 2010] (см. также соответствующую главу книги).

В рекомендациях WALT совершенно справедливо затрагивается тема площади воздействия, ограничения её 1–3 см$^2$, но только при местном воздействии или на проекцию внутренних органов. Впрочем, о других методиках в рекомендациях и не говорится. Непонятно, чем обосновано ограничение спектральных диапазонов. Если в части импульсных лазеров это можно объяснить отсутствием за рубежом высокоэффективных импульсных ЛД с длиной волны 635 нм, то выбор спектра для непрерывных лазеров более чем сомнителен. Кроме того, для них установлен диапазон мощностей от 5 до 500 мВт – уверенность в том, что чем больше, тем лучше, наивна (мягко говоря). Надеемся, что эта рекомендация со временем будет пересмотрена. Очень важным и разумным, на наш взгляд, является ограничение времени воздействия на одну зону и самих зон (от 1 до 8). Для импульсных лазеров рекомендуется экспозиция 30–600 с, для непрерывных 20–300 с, курс в виде ежедневных процедур в течение 2 недель или через день 3–4 недели.

Ну и в завершение рекомендаций WALT пресловутая «доза», для импульсных лазеров 2–4 Дж, а для непрерывных – 4–16 Дж (хотя это по размерности энергия). Сам термин незаконный и по самой своей сути неверный, обоснованию этого факта мы посвятили несколько своих публикаций и рассматриваем в разных разделах книги. Забыть этот якобы «универсальный» показатель, как страшный сон – основная цель организационных мероприятий по повышению эффективности лазерной терапии. Упоминание его является тестом на уровень профессионализма, не понимающие необходимости задавать все параметры методики (длина волны, режим работы и мощность лазерного источника, экспозиция, локализация, частота для импульсных лазеров и т. д.), а не одну величину, не должны заниматься лазерной терапией, чтобы не дискредитировать метод.

На самом деле рекомендаций по тому, как получить максимальный результат лечения, включающего лазерную терапию, существуют десятки, если не сотни. В этом и состоит идея книги – показать и обосновать, как самые разные факторы влияют на конечный результат, что нужно ограничить и строго регламентировать, например, время экспозиции, а чем можно варьировать для достижения максимального эффекта. Возможное второе название книги – «101 способ повышения эффективности лазерной терапии». Кроме параметров, представленных в рекомендациях WALT, мы рассмотрим множество других вопросов, о существовании которых за пределами России даже не подозревают. Например, хронобиологические подходы в лазерной терапии, принципы сочетания и комбинирования, особенности различных методик, из которых на Западе знакомы лишь с немногими, и т. д.

Недавно появилась ещё одна актуальная тема одновременно с признанием в России косметологии как одного из медицинских направлений (что послужило серьёзным стимулом для её развития и внедрения новых методик, в том числе лазерной терапии). Выяснилось одно интересное и важное обстоятельство – *лечебные* методики, разработанные для устранения различных патологических процессов в организме больного, не могут быть непосредственно реализованы для коррекции возрастных изменений, являющихся фактически нормальными с точки зрения физиологии. Потребовалось проведение дополнительных исследований с целью адаптации методик лазерной физиотерапии для косметологической практики, в ходе которых стало понятно, что НИЛИ в косметологии можно применять только в сочетании и комбинировании с другими методами. Рекомендации в этой части также представлены в книге наряду с рассмотрением современных взглядов на развитие сочетанных и комбинированных методов в «лечебной» физиотерапии.

Структура книги такова, что все главы, с одной стороны, являются самостоятельным произведением и обосновывают выводы, сделанные в итоге. Это и есть те самые рекомендации по повышению эффективности ЛТ, позволяющие разрабатывать каждому свою собственную, возможно, уникальную схему лечения. С другой стороны, все утверждения, сделанные в отдельных главах, связаны в единую концепцию, только поняв и приняв которую, можно достичь настоящих вершин в реализации методик лазерной терапии. Поэтому в книге так много перекрёстных ссылок на разные главы, которые просто нельзя разделить. Первый важный вывод можно сделать уже из предисловия – необходимо применять только российскую лазерную терапевтическую аппаратуру, и только методики, разработанные в России. При этом задавать все их параметры по отдельности (длина волны, режим работы и мощность лазерного источника, экспозиция, локализация, частота для импульсных лазеров и т. д.) и только в специфической совокупности.

Возможно, часть рекомендаций вызовет непонимание или сомнение, автор будет рад получить письмо с комментариями и вопросами по электронной почте: 7652612@mail.ru. Ответ гарантируется, дискуссии приветствуются.

# Часть I
# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Низкоинтенсивное лазерное излучение все шире применяется в самых различных областях медицины благодаря многочисленным экспериментально-клиническим данным, свидетельствующим о высокой терапевтической эффективности когерентного электромагнитного излучения (ЭМИ) оптического диапазона. Об отсутствии осложнений и побочных эффектов при воздействии НИЛИ известно ещё с начала 70-х годов прошлого века. Такие выводы были сделаны после десяти лет детальных исследований, проводимых по всему миру. Это понятно и на уровне простого здравого смысла, ведь лазерное излучение по своей физической сущности абсолютно идентично свету Солнца и ламп освещения. Отличие только в том, что один лазер имеет только одну длину волны (научно говоря, высокую степень когерентности и монохроматичности), что позволяет при правильном применении использовать его свет с лечебными целями значительно эффективнее, чем от некогерентного источника. Электромагнитные волны окружают нас повсюду, мы не можем без них жить, своё место в этом фоне занимает и оптический диапазон, свет, в т. ч. и лазеров (указки, шоу, сканеры и пр.).

Целебные свойства солнечного света были известны человечеству во все времена. Многочисленные упоминания об использовании лучей Солнца в лечебных целях можно найти у Геродота, Гиппократа, Галена, Авиценны и др. [Абу Али ибн Сина, 1980; Великовский И., 1996; Геродот, 1972; Гиппократ, 1994]. В конце XIX века на смену гелиотерапии пришла свето- или фототерапия, основоположником которой по праву считается датский физиотерапевт Нильс Рюберг Финсен (Finsen N.R., 1860–1904), обосновавший её основные принципы. Применение искусственных источников света (электрических ламп), воздействием которых можно было управлять (задавать мощность, время и площадь воздействия), со светофильтрами в ультрафиолетовой и красной частях спектра, позволило значительно повысить эффективность метода. За разработку нового метода лечения в 1903 г. Н.Р. Финсену была присуждена Нобелевская премия в области медицины [Meulemans E., Wemer M., 1995; Гаусман В., Фолк Р., 1929]. В заслугу Нобелевскому лауреату ставили именно предложение «концентрировать» свет, т. е. вырезать узкую часть из широкого спектра, что и предопределило, по мнению всех современников [Финсен Н.Р., 1901; Bie V., 1906; Rieder H., 1902] успешное применение метода и его высокую эффективность[1].

[1] Необходимо заметить, что радиотерапию (лечение радиоактивным излучением) и гелиотерапию ещё достаточно долго продолжали относить к методам фототерапии [Хаустен Р.А., 1926].

С этого времени светотерапия начала бурно развиваться. Проводились активные исследования как в области изучения механизмов терапевтического действия света ламп, так и методологии лечения. Многими учёными в этот период были сделаны важные выводы о неспецифическом влиянии света, о различии механизмов действия разных частей спектра и процессов, происходящих под воздействием света *in vivo* и *in vitro*. Достаточно глубоко изучено влияние на ферментативные процессы: показано, что при различных условиях они могут как замедляться, так и ускоряться. Проводились работы по изучению влияния света на кровоснабжение на всех уровнях: изменение состава и свойств крови, частоты пульса и дыхания, уровень кровяного давления, состояние капиллярного кровотока. Изучалось действие света на вегетативную нервную систему: показаны предельные энергетические параметры, при которых биостимуляция сменяется биодепрессией; отмечено аналгезирующее действие ультрафиолетового излучения [Вермель С.Б., 1926; Гаусман В., Фолк Р., 1929; Мезерницкий П.Г., 1916; Руководство по физическим методам лечения, 1928].

Двадцатый век ознаменовался появлением лазера – нового источника когерентного и поляризованного ЭМИ оптического диапазона. В 1964 г. российские учёные Н.Г. Басов и А.М. Прохоров, а в 2000 г. Ж.И. Алферов за свои работы в области физики лазеров заслуженно получили Нобелевские премии. Практически сразу было предложено использовать эти мощные источники света в офтальмологии и хирургии, подразумевая именно возможность концентрации высокой энергии [Solon L.R. et al., 1961]. Лишь в процессе изучения свойств лазерного света на предмет безопасности обнаружили его уникальные лечебные свойства, началась эра лазерной медицины, и к началу 70-х годов уже сформировались четыре основных направления её развития, от хирургии до терапии [Гамалея Н.Ф., 1972].

Лазеры без преувеличения произвели переворот во многих областях науки и техники, в том числе и в медицине. Что касается лазерной терапии, то в историческом аспекте можно сделать однозначный вывод о возникновении в наше время качественно нового этапа развития светотерапии, иными словами, прослеживается эволюционная триада: *гелиотерапия – светолечение – лазерная терапия* [Москвин С.В., 1997, 2000].

Первый аппарат для лазерной терапии (АЛТ) получил разрешение МЗ СССР на серийное производство и применение в клинической практике ещё в 1974 г., что можно считать началом развития метода как самостоятельного направления физиотерапии. Новый метод лечения стали применять врачи самых различных специальностей. С тех пор аппаратов зарегистрировано несколько сотен, десятки методик клинического применения лазерного излучения были утверждены официально Минздравом СССР, а затем России, изданы сотни книг по лазерной терапии, проведены многочисленные конгрессы, конференции и семинары, налажена систематическая работа по повышению квалификации специалистов в различных регионах России.

До сих пор ведутся споры о существовании дополнительных терапевтических эффектов, связанных со специфическими свойствами лазерного излучения – когерентностью, поляризованностью и монохроматичностью. Однако данные исследований, представленные в этой книге, однозначно свидетельствуют в пользу именно *лазерного* света. Совершенно очевидны и другие преимущества лазеров, особенно диодных:

- малые габариты и масса;
- низкие питающие напряжения;
- эффективная доставка световой энергии в любое место с заданным пространственным распределением;
- возможность выбора почти любой нужной длины волны;
- возможность модуляции интенсивности в максимальном частотном диапазоне;
- импульсный режим работы;
- относительная простота метрологического контроля всех параметров, в первую очередь, мощности излучения.

В короткой истории лазерной терапии можно выделить несколько ключевых этапов, оказавших наиболее существенное влияние на дальнейшее развитие метода:

- появление методик, сочетающих воздействие непосредственно на патологический очаг, биологически активные точки и зоны Захарьина–Геда;
- разработка световодного инструмента, позволяющего проводить внутриполостное воздействие;
- разработка методик внутривенного лазерного освечивания крови (ВЛОК);
- внедрение методик с использованием НИЛИ различных спектральных диапазонов и режимов, что напрямую связано с появлением диодных лазеров;
- разработка сочетанных и комбинированных методов лазерной терапии;
- появление методики внутривенного лазерного освечивания крови в ультрафиолетовом диапазоне (лазерное УФОК, или ЛУФОК®).

Успешное развитие ЛТ и повышение её эффективности во многом обусловлены совершенствованием лазерной терапевтической аппаратуры, поэтому в книге так много внимания уделяется вроде бы чисто техническим аспектам. У хорошего специалиста должен быть в руках и хороший инструмент. В настоящее время в России выпускаются десятки аппаратов: стационарные и переносные, многопрофильные и узкоспециализированные, использующие лазеры различных типов и т. д. Разнообразие оправдано и необходимо для обеспечения широкого спектра специфических требований, необходимых для успешного лечения больных в самых различных областях медицины. При разработке технических устройств учитываются также условия проведения процедур.

В истории создания аппаратуры для лазерной терапии можно выделить несколько этапов. В СССР до середины 1980-х годов проводились биомеди-

цинские исследования с применением гелий-неоновых лазеров (ГНЛ). Затем стали производить специализированные аппараты, в которых кроме лазера уже присутствовали другие необходимые устройства: таймер, модулятор, волоконно-оптические насадки и т. д. Это был второй этап – создание специальной медицинской аппаратуры, у врачей появились новые возможности для практической работы и совершенствования методик. Третий этап начался с разработки аппаратов, использующих в качестве источника света импульсные полупроводниковые (диодные) лазеры, которые оказались более эффективными, имели относительно небольшие габариты и массу, заслуженно пользовались успехом у практических врачей того времени. Лазерная терапия тогда получила мощный толчок в своём развитии.

Аналогичная ситуация была и за рубежом, приблизительно до 1980 года, как в исследованиях, так и в клинической практике применяли только ГНЛ с длиной волны 633 нм [Mester E. et al., 1967]. Лишь отдельные экспериментально-клинические работы проводились с использованием низкоэнергетических лазеров, имеющих другую длину волны: аргоновым (488 и 514 нм) [Jongsma F.H.M. et al., 1983; Mester E. et al., 1985; McCaughan Jr.J.S. et al., 1985; Nagasawa A. et al., 1991], рубиновым (694 нм) [Mester E. et al., 1985], Nd-YAG (1064 нм) [Abergel R.P. et al., 1984], углекислотным ($CO_2$, 10 600 нм) [Robinson J.K. et al., 1987] и др. На современном этапе развития лазерной терапии в оптимизации методик лазерного воздействия важнейшую роль играет расширение спектрального диапазона [Huang Y.-Y. et al., 2009]. И диодные лазеры тут вне конкуренции, кроме малых габаритов и массы, они имеют и то преимущество, что выпускаются с различной длиной волны в очень широком диапазоне, от ультрафиолетовой (365 нм) до дальней инфракрасной (3000 нм) областей спектра.

С середины 80-х годов прошлого века клиницисты во всём мире стали проявлять интерес к инфракрасным (ИК) импульсным полупроводниковым (диодным) лазерам [King P.R., 1989]. В связи с этим хотелось бы обратить внимание на одну техническую сторону вопроса. Из-за различий в технологии производства ИК-импульсные лазерные диоды российского производства имеют длину волны 890 нм, а зарубежные – 904 нм, но материал, из которого они изготовлены (так называемая активная область), одинаковый – кристалл тройного соединения алюминий-галлий-мышьяк (AlGaAs), различаются только технологии введения различных примесей. Вследствие чего в российских и зарубежных исследованиях этот параметр лазерных источников формально различается, но фактически используются идентичные лазеры. Длина волны (вначале именно этим объясняли высокую эффективность ИК-лазеров, большей глубиной проникновения света в этой области спектра) в данном случае не имеет решающего значения, важен именно импульсный режим работы. Импортные лазеры, кроме того, технически более совершенны, позволяют эффективнее использовать их в аппаратуре. Этому вопросу посвящена отдельная глава книги.

Лазерная терапия применяется в клинической практике фактически с начала 70-х годов прошлого века, имеется множество исследований, показывающих наличие биологически значимых эффектов *in vitro* и *in vivo*, но ещё совсем недавно некоторыми коллегами достоверность клинических результатов подвергалась сомнению. Только в начале XXI века в Европе и США пришли к выводу, что метод может оказаться полезным в ряде случаев при подтверждении эффективности в ходе хорошо контролируемых и достоверных клинических исследований [Schindl A. et al., 2000]. За последние годы таких работ было опубликовано более 10 тысяч, и этого оказалось достаточно для окончательного признания метода во всём мире. А ведь, казалось бы, совсем ещё недавно высказывались прямые сомнения в отношении эффективности метода и перспектив его развития [Basford J.R., 1995].

Как отклик на всплеск интереса к ЛТ, соответственно и к аппаратуре (очевидно, этому способствовала также смена общественно-экономической формации), в России в начале 90-х годов начался настоящий бум в разработке и производстве АЛТ, использовавших однотипные лазеры отечественного производства и во многом копирующих друг друга. Со временем число производителей и разновидностей аппаратуры существенно сократилось, значительно возросли требования к современным аппаратам, было введено лицензирование производства, но развитие лазерной терапии продолжалось. Наступил следующий этап в технической эволюции аппаратуры, стала формироваться единая целенаправленная политика на основе максимально тесного сотрудничества исследователей, практических врачей различных специальностей и разработчиков аппаратуры. Тогда же и были сформулированы основные требования к современному инструменту лазеротерапевта [Титов М.Н., Москвин С.В., 1993; Titov M.N. et al., 1993].

Для дальнейшего успешного её развития необходимо было взаимодействие и понимание специалистов в различных областях: физиков, биофизиков, биологов, химиков, врачей-практиков и исследователей. Теоретические предпосылки закладываются в основу будущего аппарата, а практическое его применение уже подтверждает (или опровергает) правильность выбранного решения. Задачей этой книги является осмысление как теоретических подходов, так и практических результатов, полученных за последние годы. На основе сделанных выводов можно будет внести коррективы в техническую политику совершенствования аппаратуры для более эффективного её применения, а также развития методик лечения.

Одно важное замечание по терминологии. В Европе, США и некоторых других странах словосочетание *laser therapy* используют для определения в нашем понимании хирургических манипуляций лазерами с мощностью, иногда доходящей до десятков ватт (шлифовка лица, удаление новообразований, татуировок и пр.). Наши косметологи такую терминологию подхватили, в соответствующих журналах и трудах конференций все лазерные манипуляции без разбора называют «терапия». Это абсолютно неверно хотя бы потому, что

подобные процедуры могут проводить только врачи с хирургической специализацией. Кроме того, термин «терапия» вводит в заблуждение и в отношении обеспечения безопасной работы с лазерной аппаратурой. В России под лазерной терапией подразумевают использование НИЛИ мощностью 1–100 мВт (для непрерывных лазеров). Относительно недавно признанную за рубежом лазерную терапию в нашем понимании (как физиотерапевтический метод) стали называть *low-level laser therapy* (*LLLT*), но у нас как был, так и остался сокращённый вариант названия.

В последние годы всё активнее обсуждается возможность применения НИЛИ с плотностью мощности не более 0,15 мВт/см$^2$. При определённых условиях (режимах) воздействия такой энергии может быть вполне достаточно для эффективного воздействия, как уже показано в ряде исследований. Даже предлагается ввести новый термин для данной разновидности методики – *ultra-low-level laser therapy* [Baratto L. et al., 2011; Gallamini M., 2013]. Тенденция расширения энергетических границ методики в сторону уменьшения мощности, безусловно, имеет значительные перспективы. Но вопрос определения оптимальных энергетических плотностей и особенностей методологии при работе в каждом энергетическом диапазоне очень даже не простой, для его решения необходимо приложить достаточно серьёзные усилия. В книге делается, может быть, первая попытка активного движения в данном направлении, обоснование критериев выбора энергетических параметров воздействия в зависимости от различных факторов.

К сожалению, развитию лазерной терапии постоянно мешают различные заинтересованные стороны, фармацевтические компании, говоря прямым текстом. Если раньше они всячески пытались опорочить метод, отрицали его более чем очевидную эффективность, активно создавали препятствия для разрешения к применению, то сейчас, потерпев поражение, сменили тактику. Вместо эффективной *лазерной* терапии с применением *лазеров* навязывают *свето*терапию любыми источниками (светодиоды, поляризованный свет лампочек и пр.) [Enwemeka C.S., 2005]. Аббревиатура LLLT некоторыми уже расшифровывается как low-level laser (light) therapy, специально отождествляя лазерный и некогерентный свет [Ferraresi C. et al., 2012]. На зарубежных конференциях по *лазерной* терапии доклады, посвящённые использованию СИД, принимают уже как равноправные, а на одном из последних конгрессов (9th World Association for Laser Therapy Congress, 2012) таких работ было не меньше, чем по лазерной тематике. Делается всё это только для одного: объединение *эффективной лазерной* терапии с бесполезной светотерапией позволит в ближайшем будущем активизировать антирекламу под девизом неэффективности метода светолечения (подмена понятия). Теперь уже вполне обоснованно, поскольку будут опровергнуты данные исследований с применением некогерентных источников света, результаты которых специально для этого сфальсифицированы. К счастью, такие действия встречают резкое и справедливое возражение у специалистов, которые на собственном экспериментальном и клиническом

опыте знают, в чём заключаются принципиальные различия когерентных и некогерентных источников. Подобная активность воспринимается ими исключительно как недобросовестные действия в угоду коммерческим интересам некоторых компаний [Bjordal J.M., 2012; Bjordal J.M. et al., 2005].

Для высокоэффективной лазерной терапии необходимо соответствующее техническое обеспечение. Современная лазерная терапевтическая аппаратура имеет очень широкий спектр важнейших характеристик, которые рассматриваются в некоторых главах книги. Не только мощность и длина волны, как было совсем недавно. Основой для обеспечения наиболее эффективной методики является только строгое и максимально педантичное задание следующих параметров: длина волны, режим работы *лазерного* источника, мощность и время экспозиции. Все они имеют *оптимальные* значения и связаны друг с другом, т. е. не могут быть разделены или, наоборот, объединены в некий универсальный показатель, как пресловутая «доза». Нет такого понятия в стандартах (ГОСТ 8.417-2002), системе единиц измерения в отношении оптического излучения, и лазерного в частности! Этот термин не только незаконный, используется исключительно дилетантами, но всячески вредит эффективности лечения, например, в результате неправильного задания параметров методики. Кроме того, исключительно важен выбор методики и локализации расположения излучателя (лазерной головки), периодичность проведения процедуры и курсов. Всё это надо учитывать отдельно и в совокупности.

Даже зарубежные коллеги всё более активно начинают отстаивать столь очевидную позицию в отношении методологии лазерной терапии, указывая, что абстрактное понятие «доза» ничего не даёт без конкретизации всех деталей, например, такой, как указание места воздействия [Hode L., 2012]. Также предлагается прекратить бесконечный спор о значимости когерентности в биологических эффектах НИЛИ, кто-то говорит, что когерентность исчезает быстро, проходя через ткани, и не видит различий в эффектах от лазеров и некогерентных источников, а кто-то вспоминает оптическую когерентную диагностику, основанную на том, что когерентность сохраняется на достаточно большой глубине. Необходимо рассматривать конкретные параметры методики ЛТ в каждом отдельном исследовании и корректно описывать детали эксперимента, тогда и ясности будет больше [Hode L., 2012(1)].

В чём привлекательность именно лазерных источников света? Какое направление развития ЛТ на современном этапе оказалось верным и что необходимо делать для повышения эффективности лечения? Как результаты экспериментов адаптировать к практике? Насколько корректно соотносятся параметры воздействия в исследованиях и клинике? Как технические особенности аппаратуры сказываются на результатах лечения? Варьирование какими параметрами и в каких пределах позволяет повысить эффективность лазерной терапии? Каковы основные принципы сочетания и комбинирования разных методов? Каково место хронобиологических подходов в обосновании макси-

мально эффективных параметров методики? Вот далеко не полный перечень рассматриваемых нами тем.

В заключение отметим, что лазерная терапия актуальна в настоящее время как никогда, поскольку некоторые из известных методов лечения если не исчерпали себя, то стали резко ограниченными в применении по объективным причинам. По сообщению газеты «The Guardian» [Sample I. et al., 2013], британский министр науки и высшего образования Дэвид Уиллетс (David Willetts) назвал потенциальный риск распространения неизлечимых из-за роста антибиотикоустойчивости бактерий заболеваний катастрофой мирового масштаба, несущей такую же угрозу человечеству, как глобальное изменение климата на планете, и призвал развитые страны ввести законодательные ограничения на использование антибиотиков во всех отраслях медицины. Кроме того, Д. Уиллетс заявил о необходимости объединить международные научные силы для ускорения поиска новых методов противостояния патогенным бактериям, упростить бюрократические процедуры по их лицензированию, с тем чтобы облегчить их путь к пациентам. И среди этих методов лазерная терапия, безусловно, находится на первом месте.

Первая попытка найти ответ на эти и другие вопросы, анализируя различные теоретические предположения и многолетний практический опыт, а также методы технической реализации лазерной терапии, была сделана более десяти лет назад [Москвин С.В., 2003]. Тогда же стало понятно, что актуальность подобной работы с привлечением метода системного анализа возрастает с каждым днём. На некоторые вопросы уже получены достаточно убедительные и однозначные ответы, но куда больше ещё ждут своих решений. В предлагаемой работе рассматриваются лишь некоторые аспекты возможных путей повышения эффективности метода на основе современных данных исследований, а также делается оценка наиболее перспективных путей развития высокоэффективной лазерной терапии в целом.

## *Выводы*

1. Лазерная терапия – современный этап развития светотерапии, но при использовании современных источников света – лазеров, обладающих таким ценным свойством, как монохроматичность, – эффективность метода настолько повысилась, что вполне обоснованно имеет уже собственное название и представляет собой самостоятельное направление современной медицины в целом, а не только физиотерапии.

2. Абсолютная безопасность НИЛИ доказана десятками тысяч исследований, проведённых на разных экспериментальных и клинических моделях во всем мире.

3. Лазерная терапия – высокоэффективный метод, признанный во всём мире, однако Россия является безусловным мировым лидером в этой области науки и практической медицины, более того, это лидерство постоянно укрепляется.

# Глава 1.1
# ПРАВИЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Речь, конечно, идёт не о самом процессе организации медицинской деятельности, достаточно детально регламентируемом соответствующими приказами, стандартами, санитарными нормами и правилами, а о некоторых «мелочах», на которые часто не обращают внимания. В основном это касается создания положительного психоэмоционального фона проведения процедуры, который, как известно, очень сильно влияет на эффективность лечения.

## *Слово материально*

Светить всегда, светить везде,
До дней последних донца,
Светить – и никаких гвоздей!
Вот лозунг мой и солнца!
*В.В. Маяковский*

Давно замечено, что отсутствие эффекта или негативный результат лазерного воздействия (а такое может случиться) связано либо с неправильно заданными параметрами методики, либо с боязнью пациентов, которых пугает слово «излучение» [Адейшвили-Сыромятникова М.К., 2003]. Откуда оно взялось? В статьях, тематических книгах и на лекциях мы постоянно читаем и слышим перевод аббревиатуры слова «лазер» (*LASER*): *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* («усиление света в результате вынужденного излучения»). И очень большая неприятность заключается в такой безобидной демонстрации знаний. Дело в том, что последнее слово в этой фразе, даже переведённое как «излучение», у большинства населения ассоциируется с радиацией, тем более в сочетании с «дозой», которую так любят некоторые «специалисты». А в 60-е годы прошлого века, когда всё только начиналось, лазерное излучение так прямо и называли – «радиация» [Инюшин В.М., 1965; Парий О.С., 1968]. Такие слова откровенно пугают пациентов (да и медперсонал), резко снижается эффективность процедур, могут даже возникнуть осложнения. На подобном фоне проводить лечение трудно, если вообще возможно.

В одной из наших работ мы приводим наглядный пример результата негативного настроя пациентов на лечение – многолетние наблюдения профессора А.В. Кочеткова, сделанные в неврологических отделениях Российского научного центра медицинской реабилитации и курортологии, а также Центральной клинической больницы восстановительного лечения ФМБА РФ [Гейниц А.В., Москвин С.В., 2012]. Оказалось, что в среднем у 15% больных с цереброваскулярными заболеваниями после плацебо-воздействия, имитирующего процедуру лазерной терапии, наблюдаются негативные проявления в виде головокружения, возникновения слабости, снижения артериального давления и др. Вот насколько важным может оказаться правильный настрой пациента

и отсутствие у него сомнений в безопасности метода. Надо понимать самим и убеждать пациентов, что *лазерный свет абсолютно безопасен*, если с ним работать аккуратно, с соблюдением достаточно простых правил.

Однако, к великому сожалению, до сих пор общеупотребительная терминология оставляет желать лучшего. Почти все, совершенно безосновательно, говорят и пишут «облучать» вместо «светить» или «воздействовать» и «доза» вместо «энергетическая плотность». Не так, как это правильно делать в соответствии с существующими нормативами (ГОСТ), а по привычке и вследствие элементарной безграмотности. Непонятно откуда взявшаяся пара терминов «облучение» и «доза» в связке породили массовый страх пациентов, да и многих медицинских работников. Просто из-за неприятной ассоциации, не более того! О какой эффективности лазерной терапии можно говорить, когда к дрожащему от страха пациенту медсестра прикладывает лазерную излучающую головку с таким ужасом в глазах, будто в руках у неё бомба?

В связи с этим приведём простой пример из жизни. Лазерный сканер штрихкода, перед которым целый день сидит кассир в магазине, имеет такую же длину волны и мощность лазерного источника, как излучающая головка для внутривенного лазерного освечивания крови (ВЛОК), и никто не боится, что будут какие-то неприятности. Но стоит прийти в медицинский центр, сразу начинаются волнения и тревоги, хотя после введения иглы в вену наружу вообще выходит в 100 раз меньше световой энергии, чем от лазерного сканера. Многие медсестры при этом совершенно необоснованно нервничают, просят добавить зарплату «за вредность» и сократить рабочий день.

Да что уж говорить о простых людях, если в разговоре с одним доктором медицинских наук, профессором, много лет применяющим лазерную терапию, я с изумлением услышал: «Сергей Владимирович, так ведь лазер стимулирует рост опухоли». На каком, спрашивается, основании делаются подобные заявления? В своей почти 30-летней практике сам доктор никогда с такими случаями не встречался, публикаций с подобными выводами нет, да и быть не может, зато есть тысячи исследований, проведённых во многих странах мира, в которых доказана абсолютная безопасность лазерного света. Никто из специалистов во всём мире за 50 лет активного применения лазеров не затрагивает эту тему, поскольку проблемы просто не существует. Более того, лазерная медицина входит в стандарт оказания медицинской помощи онкологическим больным и эффективно применяется на этапе реабилитации [Зырянов Б.Н. и др., 1998; Литвинова Т.М., 2005; Стражев С.В., 2012], имеются многочисленные методические рекомендации, утверждённые МЗ СССР и РФ и новые современные медицинские технологии, зарегистрированные в установленном порядке Росздравнадзором РФ для применения в онкологии. Невозможно придумать другой причины для появления подобных фобий, кроме как навязанная ошибочная терминология и стереотипы, которые мешают развитию высокоэффективного и абсолютно безопасного метода, и приходится постоянно возвращаться к этой теме.

С другой стороны, совершенно очевиден тот факт, что применение неадекватных параметров лазерного воздействия (примеров таких в книге приводится достаточно много) может вызвать негативные ответные реакции организма, как животных в эксперименте, так и в клинике. И в этом смысле надо быть предельно собранными и осторожными в назначении и реализации лечебных процедур. Поэтому современная методология ЛТ предусматривает минимизацию энергетических характеристик НИЛИ и её составляющих: экспозиция меньше 5 мин, частота 80 Гц для импульсных лазеров и т. д. Ошибки такого плана в настоящее время встречаются редко, что очень радует. Заслуга в этом постоянно совершенствующейся системы профессиональной подготовки (хотя и не во всех регионах), постоянной модернизации аппаратов (как тенденции) и появления большого числа качественных методических материалов, соответствующих современным требованиям к высокой эффективности, воспроизводимости и безопасности.

Ещё совсем недавно некоторые авторы удивлялись тому, как часто в клинике возникают обострения, «хотя экспозиция составляла 15 мин, а частота 1500 Гц» (импульсное ИК НИЛИ), призывая всех к осторожности [Полосин А.Ю., 1997]. Автор быстро разобрался в причинах имевшихся проблем и впоследствии уже рекомендовал низкие частоты (80 Гц) и экспозицию до 0,5 мин (для детей) как безопасные и эффективные [Полосин А.Ю., 2003]. Кстати, в этом институте диссертации по применению низкоинтенсивного лазерного света до сих пор защищают по специальности 14.01.13 (Лучевая диагностика, лучевая терапия) [Поповкина О.Е., 2013], но не отсюда ли уверенность многих в том, что ЛТ – это разновидность лучевой терапии? На самом деле защищаются в ближайшем диссертационном совете, вот и всё.

Также не прекращаются ангажированные попытки некоторых проверяющих органов запретить лазерную терапию, распространяя при этом заведомо ложную информацию о якобы вредоносности этого лечебного фактора, что также вносит свою долю нервозности. Нельзя запрещать пить воду на том основании, что кто-то может захлебнуться, но понимание потенциальной опасности при этом должно быть. Навредить лазерным светом даже очень малой энергии можно, если применять метод неправильно, однако границы предельных значений параметров столь далеки от нормы, что надо быть очень некомпетентным и безответственным человеком, чтобы перейти их.

## *Знак лазерной опасности и предупреждающая надпись – есть отличия!*

В соответствии с ГОСТ Р МЭК 60825-1-2009 устанавливаются различные знаки лазерной опасности или предупреждающие надписи на двери помещения и на аппарате (излучающих головках) в зависимости от класса опасности. Для классов 3R и 3B (СанПиН № 5804-91 и СанПиН 2.1.3.2630–10 их не разделяют, объединяя в один класс 3 с более жёсткими требованиями) необходим

знак лазерной опасности, для класса 1М, к которым принадлежат современные лазерные терапевтически аппараты «Матрикс» и «Лазмик», необходима только предупреждающая надпись, которая не содержит пугающих значков. Различия существенны, во втором случае у пациентов будет более доверительное отношение к предстоящей процедуре.

Также применение аппаратуры класса 1М не требует наличия защитных очков, кроме случаев непосредственного наблюдения лазерного света и возможности прямого попадания его в глаза (при работе по лицу в косметологии, например). Защитные очки, особенно те, что рекомендуются давно устаревшими нормативами, часто не на шутку пугают пациентов.

Класс 3 имеют либо морально устаревшие российские аппараты, либо импортные (практически все). Зарубежные коллеги в своём искреннем заблуждении ничего не понимающих в принципах оптимизации параметров лазерной терапии дилетантов, считают, что чем больше мощность, тем выше эффект. В результате не только поставляют дорогую и малоэффективную аппаратуру, но и опасную.

## *Ещё раз о противопоказаниях к лазерной терапии*

Абсолютных специфических противопоказаний к ЛТ нет, равно как отсутствует и любое нормативное регулирование этого вопроса. Такова юридическая сторона вопроса, но есть и элементарный здравый смысл, которым необходимо руководствоваться при назначении процедур. Единственное противопоказание с этой точки зрения – непрофессионализм. В зависимости от состояния пациента, фазы течения и особенностей заболевания, безусловно, возможны частные ограничения использования НИЛИ, которые изложены в соответствующих методических рекомендациях.

Назначение лазерной терапии физиотерапевтом чаще всего проводится совместно с соответствующим специалистом, а в таких областях медицины, как *онкология, психиатрия, эндокринология, офтальмология, фтизиатрия и педиатрия,* это является особым обязательным условием. Проведение процедур возможно как в физиотерапевтических отделениях, так и в специализированных кабинетах, учитывающих специфику методик. Например, в стоматологии в большинстве случаев целесообразно освечивать непосредственно или в процессе проведения основных лечебных мероприятий, использование специального световодного инструмента в урологии и гинекологии предполагает наличие соответствующего оборудования и навыков медперсонала, и т. д.

Детальное знание механизмов БД НИЛИ, как на начальном этапе (первичные биофизические процессы), так и на всех этапах развития ответных реакций во времени и иерархии организации биологической системы, позволяет оптимизировать воздействие, с достаточной степенью надёжности прогнозировать результат и обосновать способы повышения эффективности

лечения. Показано, что импульсное НИЛИ различного спектра даёт лучший терапевтический эффект, чем непрерывный режим, оптимальным является временной интервал воздействия от 2 до 5 мин, эффективность лечения повышает сочетание или комбинирование НИЛИ с другими методами и т. д.

Другими словами, для абсолютно безопасного применения лазерной терапии достаточно простого педантичного воспроизведения известных методик при понимании правил варьирования их параметрами. В то же время мы до сих пор не избавились от наследия неизвестно кем придуманного длинного перечня «противопоказаний» для лазерной терапии, в котором присутствуют все возможные состояния и заболевания. Никто не видел этого нормативного документа, его не существует, никогда не было опубликовано исследований или даже просто теоретического обоснования подобных рекомендаций. Интересно, что в зарубежных публикациях фигурирует приблизительно такой же перечень, и там также уже давно сомневаются в его целесообразности [Navratil L., Kymplova J., 2002]. Но почему тогда никто не обращает внимания на тот факт, что для более мощных, следовательно, потенциально более опасных лазеров, применяемых в хирургии и фотодинамической терапии, таких противопоказаний нет?

Покажем на нескольких конкретных примерах, что подобные «противопоказания» фактически являются лишь выдумкой неизвестного авторства.

*Наличие злокачественных и доброкачественных новообразований.* У любого человека имеются доброкачественные новообразования, появление раковых клеток в здоровом организме также происходит постоянно, и это норма. Получается, что никому нельзя назначать лазерную терапию? Но ещё в 60-е и 70-е годы прошлого столетия было доказано: лазерный свет не обладает ни мутагенным, ни онкогенным действием, не стимулирует развитие раковых опухолей, а наоборот, подавляет. Были проведены тысячи исследований в десятках стран мира по этой тематике, всё больше появляется клинических работ, доказывающих перспективность и безопасность применения НИЛИ в комплексном лечении и реабилитации онкологических больных [Зырянов Б.Н. и др., 1998; Jadaud E., Bensadoun R.J., 2012; Lau R.W., Cheing G.L., 2009; Powell K. et al., 2010; Santana-Blank L. et al., 2012; Zanin T. et al., 2010].

Физиотерапия вообще является основой реабилитации онкологических больных [Грушина Т.И., 2006]. Данные многочисленных исследований, многолетний клинический опыт и нормативные материалы говорят о том, что лазерная терапия не является противопоказанием для онкологии и может применяться в комплексном лечении онкологических больных [Грушина Т.И., 2013]. ВЛОК в комбинировании с лучевой терапией тормозит метастазирование рака матки 1-й стадии и повышает выживаемость пациенток. В эксперименте НИЛИ (635 нм) снижает скорость роста саркомы-45 у крыс, вызывая в 20% случаев исчезновение опухоли, увеличивает продолжительность жизни, тормозит процессы метастазирования карциномы лёгких РЛ-67 у мышей [Литвинова Т.М. и др., 2013]. Освечивание мышей линии С3НА, которым

трасплантировали опухолевые клетки сингенной гепатомы мыши МГ-22А, показало, что НИЛИ красного и ИК спектров не стимулирует рост опухоли [Самойлова К.А. и др., 2009]. В этой работе также сделан большой обзор литературы, убедительно доказывающий абсолютную безопасность лазерного света. Таких примеров можно привести тысячи.

По мнению *специалистов-онкологов*, данное противопоказание относится только к местному воздействию НИЛИ на проблемные зоны лазерами с большой мощностью (в разы превышающей предельные значения, используемые в физиотерапии) и экспозицией (в десятки раз превышающей оптимальную), воздействие же на другие области или ВЛОК допустимо и более чем оправдано [Зырянов Б.Н. и др., 1998; Стражев С.В., 2012]. Хотя потенциально ЭП НИЛИ, приблизительно в 1000 раз выше, чем применяемая в лазерной терапии, может вызывать стимуляцию опухоли [Frigo L. et al., 2009], получить такие параметры воздействия невозможно, поскольку для этого придётся светить в одно место (не просто область, а уже *имеющуюся* опухоль) непрерывно в течение суток вместо положенных 5 мин, а так, разумеется, никто не делает.

Кроме того, в соответствии с Приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 3 декабря 2009 г. № 944н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи населению при онкологических заболеваниях» хирургические и терапевтические (для ФДТ) лазеры входят в стандартную комплектацию медицинских учреждений, занимающихся оказанием лечебной помощи онкологическим больным.

Имеется и фундаментальное обоснование отсутствия причин для такого противопоказания. Клеточное ядро первое, что может пострадать, особенно при освечивании в УФ-диапазоне. Однако доказано, что повреждение ДНК не наступает после воздействия как XeCl-эксимерным лазером (308 нм), так и в видимом диапазоне (перестраиваемый лазер, от 312 до 640 нм), причём на длинах волн 540 и 640 нм этого не происходит даже при энергетической плотности 990 Дж/см$^2$ [de With A., Greulich K.O., 1995].

*Открытая форма туберкулёза.* Также в соответствии с Приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 29 декабря 2010 г. № 1224н «Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи больным туберкулёзом в Российской Федерации» лазерные терапевтические аппараты входят в стандартную комплектацию профильных медицинских учреждений. Сотни исследований доказали эффективность лазерной терапии, а «противопоказание» условно, означает лишь необходимость лечения таких больных в специализированных медучреждениях.

*Беременность во всех сроках.* Для специалистов применение лазерной терапии при различных патологических состояниях беременных – обычная практика [Серов В.Н. и др., 1988, 2007; Федорова Т.А. и др., 2009]. В данном аспекте представляет интерес проведённое И.В. Лопушан (1981) сравнение архивно-статистических данных родовспомогательной службы Львовской области за 10 лет (проводилось в связи с тем что в регионе в тот период от-

крылось крупное предприятие по производству лазеров), которое показало, что никаких тенденций к росту показателей частоты врождённых аномалий новорождённых не выявлено. Приводятся данные исследований менструальной, детородной функции и гинекологической заболеваемости у 140 женщин, занятых в промышленном производстве лазеров в Львове, т. е. подвергавшихся ежедневному постоянному и неконтролируемому воздействию лазерного излучения. Были получены следующие анамнестические данные [Лопушан И.В., 1981; Тимошенко Л.В. и др., 1985]:

- не установлено вредного влияния на менструальную функцию, отмечена нормализация ранее нарушенного менструального цикла;
- роды и послеродовой период у беременных женщин проходили нормально, никаких негативных явлений не отмечено;
- общий уровень гинекологической заболеваемости с потерей трудоспособности на лазерном производстве не отличается от такового на предприятии в целом;
- значительно выше показатель беременностей у женщин, работающих непосредственно на лазерном производстве.

Таким образом, не существует нормативных документов, регламентирующих противопоказания для лазерной терапии, а единственным условием работы является достаточно высокий уровень профессионализма персонала медучреждения. Однако перечень относительных противопоказаний присутствует, но только для того, чтобы знать: существуют ограничения в варьировании параметрами НИЛИ, и при определённых условиях возможны непредсказуемые для *не*специалиста ответные реакции организма [Гейниц А.В., Москвин С.В., 2010, 2012].

*В случае сомнения пациента в безопасности метода также необходимо отказаться от проведения процедур.* Отрицательный психоэмоциональный фон не способствует эффективному применению метода и может вызвать негативную реакцию у значительной части пациентов (до 15%) даже при выключенном аппарате.

**Запрещается:** начинать работу с аппаратом, не ознакомившись внимательно с инструкцией по эксплуатации; располагать на пути лазерного излучения посторонние предметы, особенно блестящие, способные вызывать отражение излучения; смотреть навстречу лазерному лучу или направлять лазерное излучение в глаза; работать лицам, не связанным непосредственно с обслуживанием аппарата; оставлять без присмотра включенный аппарат.

Включать лазерное излучение можно **только ПОСЛЕ** установки лазерной излучающей головки на место воздействия.

Применять только зарегистрированные в установленном порядке в Росздравнадзоре РФ лазерные медицинские аппараты и только специалистами, прошедшими специализированные курсы по программе «Лазерная медицина». Именно высокий профессионализм, знание методик и правил работы с лазерной медицинской аппаратурой является гарантом безопасности.

## *Выводы*

1. Обязательно нужно говорить и писать: «свет лазера», «светить», «освечивать» и «воздействовать» вместо «облучать». Солнышко светит, лампочка светит, и лазер светит, а облучают только специалисты по лучевой терапии, использующие ионизирующие излучения в лечебных целях.

2. Слово «доза» необходимо как можно быстрее полностью исключить из лексикона медперсонала, поскольку оно не имеет никого отношения к методу (смотри подробнее в главах «Знать физику и биофизику процесса» и «Особенности различных способов воздействия в лазерной терапии»), противозаконно (см. ГОСТ 8.417-2002) и просто неграмотное. Такие слова, особенно в паре («облучать» – «доза»), совершенно напрасно нервируют пациентов и часть медперсонала, а употребление их – верный признак непрофессионализма.

3. Более правильно с точки зрения стандартов, да и самой сути, термин, обобщающий энергетические параметры воздействия (мощность, время, площадь и частота для импульсных лазеров), именовать как «энергетическая плотность» (ЭП), или более полно *энергетическая плотность воздействия*. И только в крайних случаях.

4. Надо осознать в полной мере самим и убеждать пациентов, что свет лазера *абсолютно безопасен*, если работать с соблюдением достаточно простых правил. Применение терапевтических лазеров требует соблюдения мер безопасности не более чем при работе с любым другим медицинским инструментом или аппаратом. Обжечься можно и простой электрической лампочкой.

5. В случае сомнения пациента в безопасности метода и невозможности его убеждения в обратном необходимо отказаться от проведения процедур.

6. Нельзя пренебрегать потенциально возможной незапланированной реакцией на лазерное воздействие, что чаще всего происходит при безграмотном использовании неадекватных методик. Непрофессионализм специалиста, назначающего и применяющего ЛТ – основное, если не единственное «противопоказание».

7. Назначение лазерной терапии физиотерапевтом чаще всего проводится совместно с соответствующим специалистом. Во многих случаях целесообразнее и эффективнее проводить процедуры не в физиотерапевтических отделениях, а непосредственно в кабинете специалиста.

8. Рекомендуется применять только российскую лазерную терапевтическую аппаратуру с классом лазерной опасности 1М, спектральные и энергетические параметры которой достаточны для высокоэффективного лечения, и при этом наиболее безопасны.

# Глава 1.2
# ЗНАТЬ ФИЗИКУ И БИОФИЗИКУ ПРОЦЕССА

Пусть читателя не пугает название главы, надо пересилить себя и обязательно ознакомиться с ней полностью. Поверьте, ничего сложного в тексте нет, но физические термины надо *обязательно* знать для правильного формулирования основ лазерной терапии и понимания принципов оптимизации методик с целью максимального повышения их эффективности. В первую очередь это касается процессов, происходящих при взаимодействии лазерного излучения с биотканями, при изучении которых, а также при работе с лазерной аппаратурой неизбежно приходится сталкиваться с физическими терминами и законами. Попытаемся в сжатой форме изложить смысл и сущность самых необходимых [ГОСТ 8.417-2002; Кузьмичев В.Е., 1989; Физические величины, 1991; Электроника, 1991].

## *Основные свойства лазерного света*

*Лазерный свет* – электромагнитное излучение (ЭМИ) оптического диапазона, обладающее такими свойствами, как когерентность, монохроматичность, поляризованность и направленность, что позволяет создать большую концентрацию энергии в нужном месте.

Основным свойством, определяющим высокую эффективность НИЛИ в физиотерапии по сравнению с другими источниками света, является именно его монохроматичность, и в некоторой степени поляризованность.

Интересно и другое свойство ЭМИ в этом диапазоне, так называемый дуализм, когда свет, с одной стороны, проявляет чисто волновые свойства, такие, как интерференция, дифракция и пр., с другой – ведёт себя как поток частиц – фотонов. При поглощении лазерного света часто говорят, что поглощаются или рассеиваются световые фотоны с определённой энергией или длиной волны.

*Когерентность (согласованность)*. Пространственная когерентность определяется геометрическими размерами источника излучения, временна́я когерентность – спектральным составом излучения и тесно связана с шириной спектра.

*Монохроматичность* – излучение с одной длиной волны, или в другой терминологии (вспомним о дуализме света), когда все излучаемые в пучке света фотоны обладают одной энергией (частотой, длиной волны). Поэтому к слову «лазер» всегда добавляют «с длиной волны», как главной его характеристики. Реально на практике это излучение с *достаточно* малой шириной спектра (спектральной линии), или иначе – узким спектральным диапазоном, что необходимо для получения за счёт избирательности лучших результатов воздействия на биологический объект по сравнению с широкополосными источниками света. Условно за монохроматичный можно принимать свет с шириной спектральной линии ($\Delta\lambda$) менее 3 нм, как у импульсных лазерных

диодов (ЛД), при этом у большинства непрерывных ЛД (одномодовых) $\Delta\lambda \leq$ 0,1 нм. Это свойство лазерного излучения является основным, обеспечивающим эффективность именно *лазерной* терапии.

Светоизлучающие диоды (СИД) работают только в непрерывном режиме, их излучение, ширина спектральной линии которого составляет ~ 5–7 нм, монохроматичным назвать нельзя, хотя длину волны, соответствующую спектральному максимуму свечения, также упоминают. Эффективность СИД в силу отсутствия этого важного физического свойства крайне мала, но в педиатрии возможен лечебный результат как следствие повышенной лабильности детского организма, реагирующего даже на самые слабые внешние раздражители [Братова Е.А., 2004]. Интересное и другое, совершенно не разработанное направление – цветоритмотерапия, где светодиоды даже имеют иногда преимущества перед лазерами [Волкова Л.П., 2009; Ипатова М.В., 2010], источники света с широкополосным спектром (относительно лазеров) находят применение также в фотодинамической терапии (ФДТ) [Allison R.R. et al., 2004]. Но надо раз и навсегда понять, что в *лазерной* терапии светодиодам не место, попытка подмены ими лазеров лишь дискредитирует направление. Об этом в книге говорится очень много, особенно во второй части.

На рис. 1.1 представлены спектры разных источников излучения, для наглядности с максимумом на одной длине волны относительно поглощения макромолекулы (условной), чтобы продемонстрировать принципиальные различия. Ширина спектральной линии определяет избирательность действия, следовательно, эффект.

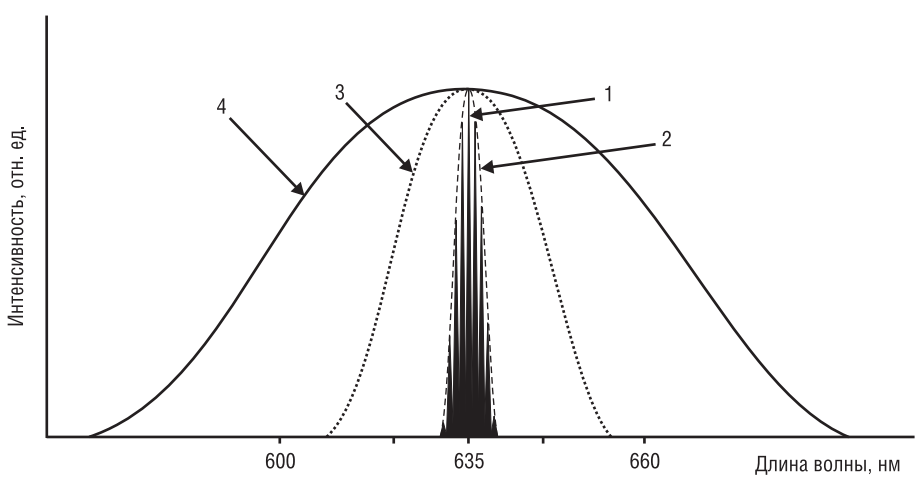



*Рис. 1.1.* Спектры различных источников излучения и поглощения макромолекулы: 1 – одномодовый лазер (одна линия), $\Delta\lambda \leq 0{,}1$ нм; 2 – многомодовый лазер $\Delta\lambda \leq 3$ нм, спектр состоит из нескольких мод, т. е. типов колебаний, каждая шириной $\Delta\lambda \leq 0{,}1$ нм; 3 – СИД, $\Delta\lambda \leq 7$ нм; 4 – спектр поглощения условной макромолекулы, $\Delta\lambda \geq 30$ нм

Отличить когерентный монохроматичный свет лазерного источника от других в видимом диапазоне спектра очень просто. Лампы, СИД и пр. создают равномерную засветку (пятно), что допустимо и даже необходимо при использовании в фонариках или лампах освещения, в то время как на световом поле, созданном лазером, отчётливо видна так называемая спекл-структура («мурашки бегают»).

Способность лазерного света создавать интерференционную картину (спекл-структуру) является одной из составляющих достаточно большого числа факторов, положительно сказывающихся на эффективности терапии в целом (подробнее об этом во второй части книги). Но есть и специальные устройства, формирующие спекл-структуру, применяются в офтальмологии в комплексном лечении и профилактике различных заболеваний, в которых без неё обойтись в принципе невозможно, поскольку именно на наблюдении этой картины и построена методика [Аникина Е.Б. и др., 1994].

В рамках выводов, полезных для практики, нам важнее всего понять, как распознать подделку. Уж слишком много развелось якобы лечебных псевдолазеров, оказывающихся, по сути, бесполезными светодиодами с ёлочной гирлянды. Отсутствие интерференционной картины (спекл-структуры) при освечивании матовой отражающей поверхности (бумаги, например) выдаёт такие подделки с головой. Разумеется, отличить настоящий лазер от подобия его по такому признаку можно только для видимой глазу спектральной части. Для инфракрасных источников нужно смотреть через камеру цифрового фотоаппарата, свет от лазерных диодов при удалении от поверхности расходится в виде узкой полоски, тогда как от светодиодов равномерно распределяется по кругу.

*Поляризация* – степень симметрии в распределении ориентации вектора напряженности электрического и магнитного полей в электромагнитной волне относительно направления её распространения.

Если две взаимно перпендикулярные составляющие вектора напряжённости электрического поля совершают колебания с постоянной во времени разностью фаз, то волна называется поляризованной. Если изменения происходят хаотично (при распространении в анизотропных средах, отражении, преломлении, рассеянии и др.), то электромагнитная волна является неполяризованной. Состояние поляризации описывают параметром, который называют степенью или коэффициентом поляризации (в процентах), это отношение разности интенсивности двух выделенных ортогональных составляющих электромагнитной волны к сумме их интенсивностей. Различают линейную поляризацию и круговую. В первом случае векторы напряженности электрического поля совершают колебания в одной плоскости, во втором случае вращаются вокруг направления распространения, либо влево, либо вправо.

*Длина волны* ($\lambda$) – расстояние, на которое распространяется волна за один период колебаний. В оптическом диапазоне более удобная единица, чем частота, с которой длина волны связана соотношением $\lambda = c/\nu$, где $c$ – скорость света, равная $3 \cdot 10^8$ м/с, $\nu$ – частота электромагнитных колебаний. Единица

измерения в СИ – *метр* [м]. На практике чаще используют микрометр [мкм] – $10^{-6}$ метра, а в лазерной терапии спектральный диапазон таков, что удобнее длину волны измерять в нанометрах [нм] – $10^{-9}$ метра. Подробно о правильном выборе длины волны можно узнать из 2-й части книги.

Часто при упоминании диодных лазеров пишут не одну длину волны, а диапазон, например, 365–405 нм (применяются для лазерного ультрафиолетового освечивания крови, ЛУФОК®). Это не означает, что такая ширина спектральной линии каждого лазера, все они строго монохроматичны ($\Delta\lambda <$ 0,1 нм), но свидетельствует о том, что разные ЛД могут иметь каждый свою длину волны в пределах указанного диапазона. Причин тому две. Во-первых, технологическая особенность производства лазеров такого типа – длина волны излучения зависит от концентрации примесей в активной области, задаваемой с ограниченной точностью. Во-вторых, длина волны сильно меняется от температуры, следовательно, мощности излучения (поскольку лазер в процессе работы нагревается), и чем больше мощность, тем выше температура.

Другой пример – импульсные инфракрасные (ИК) лазерные диоды. В России практически все медико-биологические исследования, которые легли в основу современной ЛТ, проводили с использованием лазеров российского производства (ЛПИ-101 и ЛПИ-120), имеющих длину волны ~ 890 нм. Таковы были требования для первоначальных целей их применения (разрабатывались они отнюдь не для мирного медицинского назначения). В других странах для лазерной терапии использовали ЛД с длиной волны 904 нм (другая технология производства), с ними же проводят исследования и применяют на практике в настоящее время. Различий в эффектах БД НИЛИ с несколько отличающейся длиной волны не выявлено, однако импортные лазерные диоды на порядки надёжнее, имеют меньше область свечения и расходимость излучения, что исключительно необходимо для эффективного ввода световой энергии в волокно и оптимального пространственного распределения по поверхности (области воздействия). В связи с этим с недавних пор стали во всех публикациях и методиках дублировать эти значения – длина волны 890 (904) нм.

Также для лазерных диодов характерна и другая особенность – высокая относительно газовых и твёрдотельных лазеров расходимость излучения, причём различающаяся в перпендикулярных направлениях (астигматизм), и это необходимо учитывать при работе с ними [Pascu M.L., 2000].

## Энергетические характеристики лазерного света по ГОСТ 8.417-2002

*Мощность* – основная энергетическая характеристика электромагнитного излучения оптического диапазона. Единица измерения – *ватт* [Вт]. На практике для непрерывных лазеров более удобно использовать производную единицу измерения – мВт ($10^{-3}$ Вт), поскольку НИЛИ именно такого порядка мощностей применяют в ЛТ.

*Плотность мощности* – отношение мощности излучения к площади поверхности, по которой она распределена. Единица измерения – *ватт/м*$^2$ [Вт/м$^2$]. Опять же на практике значительно удобнее использовать другое нормирование, мВт/см$^2$, такая производная величина и используется чаще всего. Поскольку площадь воздействия редко превышает несколько квадратных сантиметров, масштабы производимых действий и логика методик в этом случае более понятны, следовательно, снижается вероятность ошибки при назначении и проведении процедур, что очень важно.

*Энергия излучения* – мощность, излучаемая в единицу времени. Единица измерения в СИ – *джоуль* [Дж] или [Вт·с]. Ещё раз напоминаем, что эту величину часто *ошибочно* называют дозой, хотя нет такого понятия в единицах измерения для оптического диапазона, в т. ч. и лазерного света!

Также специально обращаем внимание на то обстоятельство, что далее в книге в ссылках на работы других авторов все значения энергетических параметров приведены к единому масштабу (да простят нас коллеги), поскольку, кроме всего прочего, это позволило обнаружить довольно часто встречающиеся ошибки, вносящие дополнительный сумбур в и так непростую ситуацию с описанием методик ЛТ.

*Энергетическая светимость* – энергия излучения, распределённая по площади. Единица измерения Дж/м$^2$ [Дж/см$^2$]. НО! *Для эффективной методики лазерной терапии важны все перечисленные выше параметры, которые надо задавать отдельно, не связывая их в обобщённый показатель*. Это заблуждение необходимо забыть как можно быстрее, поскольку кроме отсутствия информации о методике ошибочная терминология создаёт также неблагоприятный психоэмоциональный фон (пресловутая «доза»), что однозначно негативно сказывается на эффективности лечения. В крайнем случае, если уж совсем необходимо, обобщённый, итоговый параметр именовать *энергетической плотностью (ЭП)*, так ближе к стандартам и не нервирует пациентов.

$$\text{ЭП} = \frac{P_{ср}}{S} \cdot t, \qquad (1.1)$$

где $P_{ср}$ – средняя мощность, $S$ – площадь поверхности, по которой распределена световая энергия, $t$ – время воздействия (экспозиция).

Предложенный термин «*энергетическая плотность*» формально также не соответствует указанному в ГОСТ 8.417-2002, зато в большей степени отражает его суть, в нём присутствуют все составляющие: мощность, экспозиция и площадь. И не побоимся повторений, для методик лазерной терапии важны все параметры *отдельно*: длина волны, режим работы лазера, мощность, площадь, время экспозиции, частота и локализация. Математическое сведение всех их в одну цифру в результате просто приводит к исчезновению методики как таковой, она теряет всякий смысл.

Впрочем, оговоримся, что в радиационной (лучевой) терапии термин «доза» не только может, но и должен применяться именно в значении предельного

ограничения, поскольку в этом методе используется радиация, непосредственно разрушающая раковые клетки. Зависимость «эффект–доза» для этого метода линейная (рис. 1.2, б), и если знать, сколько при постоянной мощности источника радиоактивного излучения надо времени, чтобы разрушить одну клетку, можно определить, сколько времени облучать (именно так, а не осве-

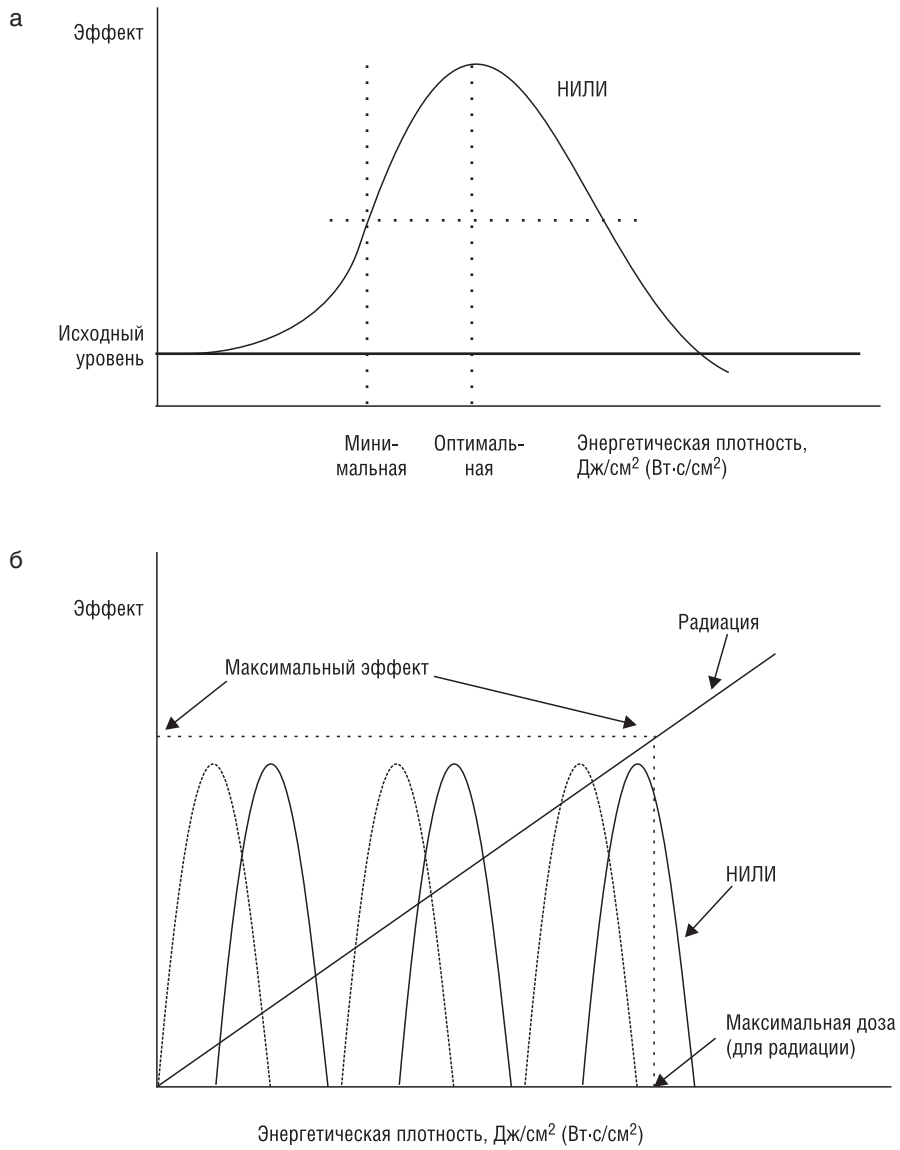



*Рис. 1.2.* Сравнение зависимостей «энергия–эффект» при специфическом действии (радиационная терапия, ФДТ и др.) и освечивании НИЛИ

чивать, как для лазерной терапии) опухоль. Такое предельное значение дозы (поглощённой энергии, мощности в единицу времени) является одновременно и самым эффективным, поскольку при продолжении облучения могут быть повреждены нормальные клетки, а если экспозицию снизить, то не все раковые клетки разрушатся. То есть при одном источнике радиационного излучения с постоянной мощностью результат лечения зависит, по сути, только от размера и локализации опухоли, а также времени экспозиции. В этом методе термины «доза» как предельная мера воздействия (прямое значение этого слова) и «облучение» (по ассоциации со словами «разрушение» и «поражение», связанными с радиацией) могут применяться вне всяких сомнений. Это же регламентирует и ГОСТ 8.417-2002 для ионизирующего излучения.

*Но повторяли, повторяем и будем повторять*, что в лазерной терапии совершенно иная ситуация, в этом методе лечения энергетическая зависимость носит явно выраженный нелинейный характер, оптимальное значение *энергетической плотности* имеет выраженный экстремум, лежащий в достаточно узком интервале, в пределах одного порядка. Эту закономерность воздействия НИЛИ часто называют «бифазной», описываемой через рост эффекта на начальном этапе и снижение во второй фазе, дальнейшем увеличении ЭП (рис. 1.2, а) [Huang Y.-Y. et al., 2009]. Более того, при определённых условиях таких экстремумов может быть несколько (рис 1.2, б), пока нам известно семь оптимальных значений (см. 2-ю часть книги), но реально их существует больше.

Но самое главное даже не это. Оптимальное значение ЭП может меняться *в десятки и сотни раз* в зависимости от таких параметров воздействия, как длина волны, режим работы лазера (импульсный или непрерывный), частота модуляции, расположение лазерных источников относительно поверхности и др. Существенно зависит выбор энергетических характеристик НИЛИ также от возраста и состояния пациента, области воздействия (методики), наличия других действующих лечебных факторов, времени суток и т. п. Поэтому эффективное воздействие лазерным светом с ЭП при одной комбинации параметров может быть абсолютно бесполезным для другого варианта, при изменении хотя бы одной составляющей методики.

Получается, что если выбрать для лазерной терапии некую гипотетическую универсальную и оптимальную ЭП («дозу»), то можно с равной вероятностью получить как положительный результат, так и его отсутствие, а в ряде случаев даже негативное воздействие. Ни в коем случае нельзя рассчитывать и вообще принимать во внимание, категорически необходимо как можно быстрее просто забыть про этот абсолютно неинформативный параметр, лишь вводящий в заблуждение! Использование этого термина («доза») не гарантирует и безопасности проведения процедур, что самое главное! Надо задавать ВСЕ параметры методики (которых не более 6–7) осознанно и последовательно, тогда будет почти полная гарантия (но даже в этом случае не 100%) высокой эффективности лечения. И чем больше учтено факторов влияния, тем выше вероятность успешного лечения и безопасности метода. Поэтому в лазерной терапии нет

и не может быть одного универсального параметра, а есть *характеристики, детально описывающие* методику. Также замечено, что именно безграмотно использующие терминологию, кроме того, очень любят говорить «облучать», ассоциируя процесс с разрушением (второй «Чернобыль»). Но пришло время в лазерной терапии постепенно заменять подобную терминологию на более благозвучные и адекватные слова: «светить», «освечивать», «воздействовать» и др.

В данном случае для особо упорствующих уместно провести аналогию с портным, который, записав нужные ему размеры, затем их перемножает и выдаёт заключение, что лучший костюм получается при таком-то объёме и что важны не все размеры по отдельности, а всего одна цифра, причём для всех клиентов. К великому сожалению, есть ещё такие, кто упорно настаивает на необходимости «дозирования» и «облучения», не обращая внимание на вред, который они наносят развитию лазерной терапии своей безграмотностью. Быстро ситуацию не изменить, для этого нужно время, но процесс уже идёт достаточно активно и позитивно, что радует.

## Временны́е параметры

*Частота колебаний ($F_и$)* – физическая величина, равная числу колебаний, совершаемых за одну секунду. Единица измерения – *герц* [Гц] или [1/с].

*Период колебаний ($T_и$)* – расстояние между двумя ближайшими точками волны одинаковой амплитуды, колеблющимися в одной фазе. Величина, обратно пропорциональная частоте. Единица измерения – *секунда* [с].

*Модуляция излучения* – процесс изменения во времени мощности излучения (*амплитудная*), частоты (*частотная*), фазы (*фазовая*). На практике в лазерной терапии используется только амплитудная модуляция, которая описывается следующими параметрами (рис. 1.3): *длительность импульса* ($\tau_и$) – время, когда происходит излучение (определяют на уровне половины максимальной

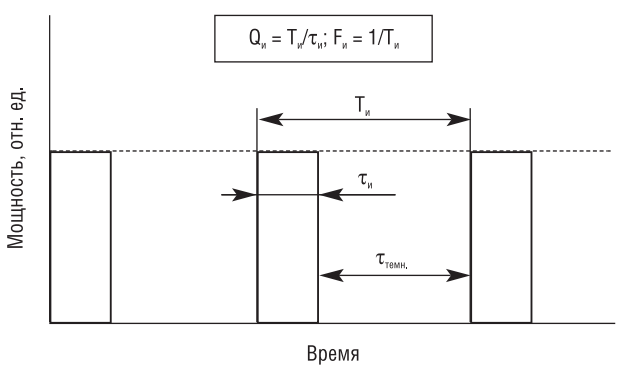



*Рис. 1.3.* Основные параметры модулированного излучения (комментарии в тексте)

амплитуды); *темновой период* ($\tau_{темн}$) – время отсутствия излучения; *период* и *частота* (см. выше); а также *скважность* ($Q_и$) – отношение периода $T_и$ к длительности импульса излучения $\tau_и$.

Различают три основных *режима излучения* (рис. 1.4).

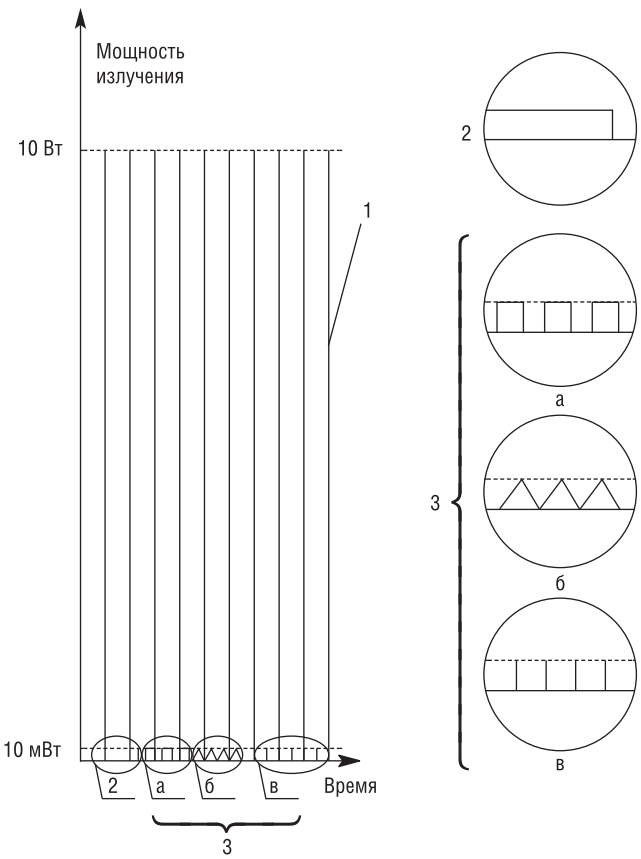



*Рис. 1.4.* Режимы излучения: 1 – импульсный; 2 – непрерывный; 3 – модулированный: а – прямоугольный, б – «пила», в – короткие импульсы (пояснения в тексте)

*Непрерывный* – мощность лазерного источника не меняется за время воздействия, при этом *средняя* мощность равна *максимальной*. Измеряется в милливаттах (мВт) – для физиотерапии, разумеется. В лазерной терапии используют лазерные источники (головки) мощностью от 1–2 мВт (акупунктура и ВЛОК) до нескольких десятков мВт в наружных или полостных методиках.

*Модулированный* – периодически меняется амплитуда излучения (мощность), при этом средняя мощность ($P_{ср.}$) в $Q_и$ раз (это скважность) меньше максимальной ($P_{макс}$) или $P_{ср.} = P_{макс}/Q_и$. Как правило, скважность равна 2, и в

этом случае средняя мощность излучающей головки будет в 2 раза меньше, чем без модуляции. Но если меняется скважность, т. е., например, длительность времени свечения будет больше, чем темновой период, то мощность снизится в меньшей степени (пропорционально).

Излучение можно модулировать (менять) только в пределах мощности, которую они обеспечивают в непрерывном режиме. *Мощность непрерывных лазеров в режиме модуляции не меняется от частоты!* В стандартных аппаратах и режимах.

Модуляция может быть *многочастотной* – как это сделано в специальном блоке «Матрикс-БИО» (см. 4-ю часть книги). Однако чаще используют постоянную частоту и прямоугольные импульсы. Для модулированного режима в большинстве аппаратов и методик используют частоты менее 100 Гц. Считается, что лишь они биологически значимы, а более высокие частоты организм воспринимает как непрерывный режим, т. е. отсутствует любая зависимость «частота–эффект». Но данные многих исследований опровергают это достаточно распространённое мнение (см. главу 3.3).

Также обращаем внимание на то, что глубина проникновения не зависит от частоты модуляции излучения непрерывных лазеров, однако возможно повышение эффективности влияния лазерного света при меньших значениях ЭП, т. е. нужный результат будет достигаться на большей глубине (см. 2-ю и 3-ю части книги).

*Импульсный* – излучение происходит за очень короткий промежуток времени в виде редко повторяющихся (относительно их длительности), но больших по амплитуде импульсов. В таком режиме работают только импульсные лазеры (лазерные диоды). Контролируют и задают в методиках ЛТ именно импульсную, т. е. пиковую мощность излучения ($P_и$), которая в отличие от мощности непрерывных лазеров составляет от единиц и десятков ватт. При этом средняя мощность ($P_{ср}$) связана с импульсной соотношением:

$$P_{ср} = P_и \cdot \tau_и \cdot F_и, \qquad (1.2)$$

где $\tau_и$ – длительность импульсов, чаще всего 100 нс ($10^{-7}$ с), величина постоянная (задаётся внутренним генератором лазерной излучающей головки); $F_и$ – частота следования импульсов (задаётся на панели управления базового блока).

## Распространение света в оптическом волокне, и какие насадки можно использовать в лазерной терапии

*Оптическое волокно (световод)* – оптическое устройство, предназначенное для передачи световой энергии на большие расстояния с минимальными потерями. Состоит из сердечника, по которому распространяется свет, и оболочки. Последняя, в свою очередь, заключена в оплётку, которая защищает поверхность волокна, повышает его прочность, упрощает эксплуатацию (рис. 1.5). Коэффициент преломления $n_1$ сердечника незначительно превышает

коэффициент $n_2$ оболочки (2б), поэтому свет, введённый в сердечник (2а) с торца волокна, благодаря эффекту полного внутреннего отражения как бы «запирается» и распространяется только в сердечнике, не выходя наружу и почти не теряя своей энергии при распространении.

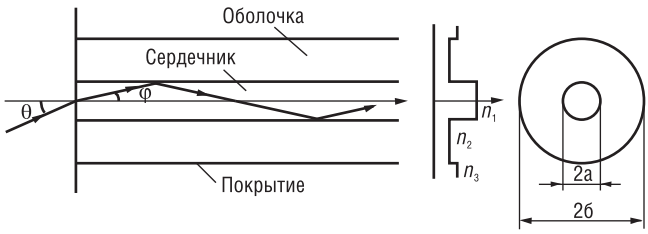



*Рис. 1.5.* Устройство оптического волокна (пояснения в тексте)

Рассмотрим на конкретном примере, для чего необходимо знание основ физики распространения света в волокне [Москвин С.В., 2010(1)]. Эффективность лазерной терапии обеспечивается оптимизацией параметров НИЛИ, в первую очередь энергетической плотности, зависящей от мощности и площади. Далее в книге подробно объясняется, чем это обусловлено, сейчас нам важно знать, что эффективность воздействия снижается вследствие уменьшения мощности лазерного света при прохождении через биоткань за счёт поглощения и рассеяния (см. далее). Поэтому необходимо доставить световую энергию к органу с минимальными потерями. Это касается всех полостных методик, широко применяемых в оториноларингологии, стоматологии, гинекологии и др. В урологии и андрологии, например, через специальные насадки воздействуют на предстательную железу.

Проблема минимизации потерь и обеспечения максимальной мощности излучения на выходе насадки решается порой совсем не просто, и чтобы понять суть разработанной нами конструкции, сначала необходимо понять сам принцип функционирования насадки П-1, предназначенной для доставки лазерного излучения к предстательной железе (рис. 1.6). К лазерной излучающей головке (1) присоединяется (накручивается) насадка П-1 (2). Лазерный диод (3) находится близко к краю излучающей головки, т. е. снаружи, для того чтобы его область свечения (4) приблизить к световоду внутри насадки (5) и без потерь ввести излучение в световод. Далее, также почти без потерь (за счёт полного внутреннего отражения), световая энергия доставляется на зеркало (6), отражается и выходит наружу под заданным углом. Таким образом, на предполагаемый объект воздействия, в данном случае измеритель мощности (7), доставляется почти вся энергия лазерного источника с заданием необходимой площади и локализации светового пятна. Измеряя мощность излучения на выходе лазерной головки без насадки ($P_{вх}$) и на выходе насадки ($P_{вых}$), определяется отношение $P_{вых}/P_{вх}$, как её коэффициент пропускания.

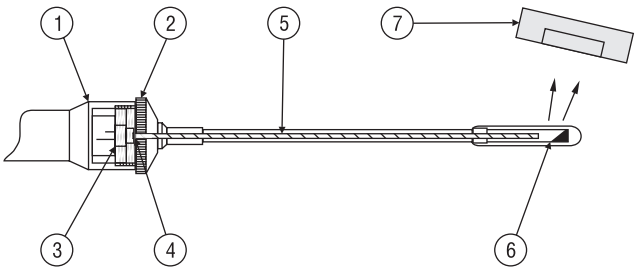



*Рис. 1.6.* Принцип функционирования световодного инструмента на примере проктологической насадки П-1 производства Научно-исследовательского центра «Матрикс» (пояснения в тексте)

Это одна из важнейших причин (эффективный ввод излучения) необходимости нахождения лазерного диода снаружи излучающей головки. В ряде аппаратов лазер (лазерный диод) находится глубоко внутри, но поскольку световой поток сильно расходится, то ввести его в световод (оптическое волокно) не представляется возможным. В этих аппаратах применяют пластиковые насадки с сомнительными оптическими характеристиками – излучение в них не доставляется в нужное место с минимальными потерями, как в световоде, и не распределяется потом необходимым образом, а рассеивается достаточно хаотично. Роль световодного инструмента, собственно, они не выполняют, это не более чем бутафория.

При разработке настоящего, высокоэффективного световодного инструмента приходится сталкиваться и с другими проблемами.

1. Коэффициент пропускания волокна для конкретной длины волны. Вроде бы длина применяемого волокна в насадках слишком мала (не более 15–20 см), чтобы задумываться над этим показателем, однако это не так. На рисунках приведены спектры пропускания кварцевого (рис. 1.7, а) и полимерного (рис. 1.7, б) волокон. Если для кварцевого волокна вполне приемлемый коэффициент пропускания (на графике представлено ослабление в дВ/км) во всём спектральном диапазоне, от 400 до 1500 нм, то принципиально другая ситуация с полимерным волокном, которое достаточно мало ослабляет лазерное излучение только в диапазоне от 400 до 830 нм, но в области 890–904 нм (самые распространённые ИК-импульсные лазеры, применяемые в лазерной терапии) полимерное волокно *практически не прозрачно*, на 1 см волокна лазерный свет ослабляется в 300 тыс. раз! То есть оптическое волокно из пластика (PMMA) нельзя применять для ИК-лазеров, при работе в этом диапазоне требуйте от производителя доказательства того, что поставляются насадки (световоды), изготовленные именно из кварцевого волокна. Проверить их качество можно, измерив на выходе волокна (насадки) мощность излучающей головки с импульсным ИК-лазером.

Проблема в полной мере проявилась именно сейчас, когда практически все производители оптических насадок перешли на полимерное волокно в связи с его доступностью, низкой ценой и технологичностью. Эффективность

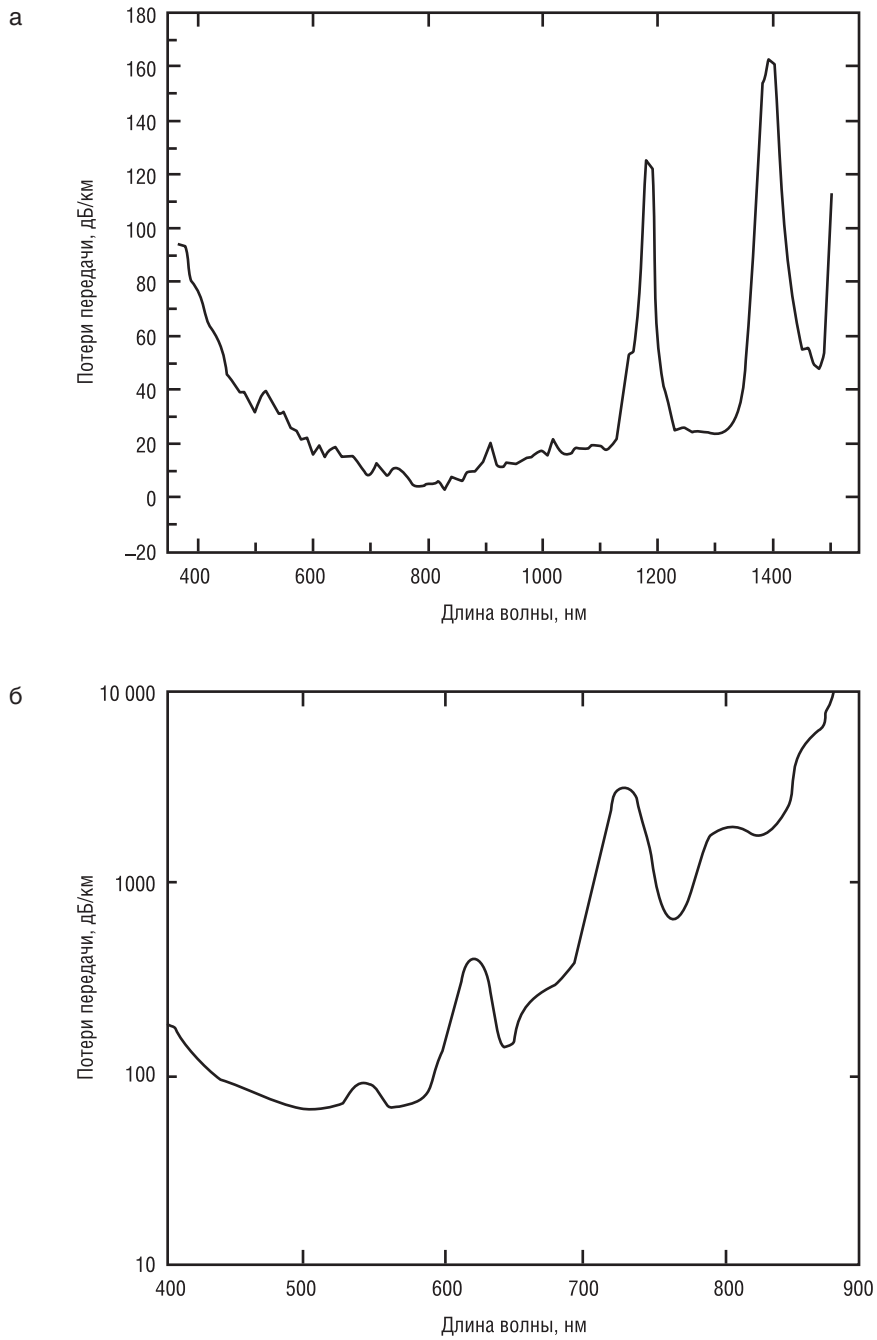



*Рис. 1.7.* Зависимость потерь в оптическом волокне от длины волны для различных материалов: а – кварцевое волокно; б – полимерное волокно PMMA

лазерной терапии при этом страдает или исчезает вовсе. Только Научно-исследовательский центр «Матрикс» в настоящее время производит насадки из кварцевого волокна, которые пропускают до 40–45% излучения импульсных лазеров с длиной волны 890–904 нм!

2. Внутренний диаметр волокна. Чем он больше (внутренняя часть, проводящая лазерный свет), тем больше энергии можно ввести в волокно и тем выше будет мощность на выходе. Однако слишком большой диаметр не позволяет формировать пятно нужной формы, размера и направленности. В насадках Научно-исследовательского центра «Матрикс» применяется *только кварцевое волокно* диаметром всего 1200 мкм!

3. Важен не только диаметр волокна, но и размер тела свечения лазерного диода. Все производители в России для импульсных лазерных головок применяют отечественные лазерные диоды мощностью 100 Вт (производства НИИ «Полюс», Москва), имеющие размер области свечения приблизительно 4000 × 4000 мкм! Ввести в волокно с такой большой площадки можно не более 1% мощности, т. е. на выходе насадки она составит не более 1 Вт. Только Научно-исследовательский центр «Матрикс» применяет в излучающих головках ЛО7 импортные лазерные диоды с телом свечения всего 285 × 10 мкм!

4. Значительную роль в обеспечении эффективного ввода излучения играет и его расходимость. Если у отечественных ЛД она составляет в среднем 40 × 20 градусов, то у применяемых Научно-исследовательским центром «Матрикс» излучающих головках ЛО7 импортных лазерных диодов расходимость излучения составляет всего 10 × 6 градусов (рис. 1.8).

Эти факторы учтены в новой разработке – комплект из лазерной головки ЛО7 и насадки П-1, позволяющей получить мощность на выходе насадки не

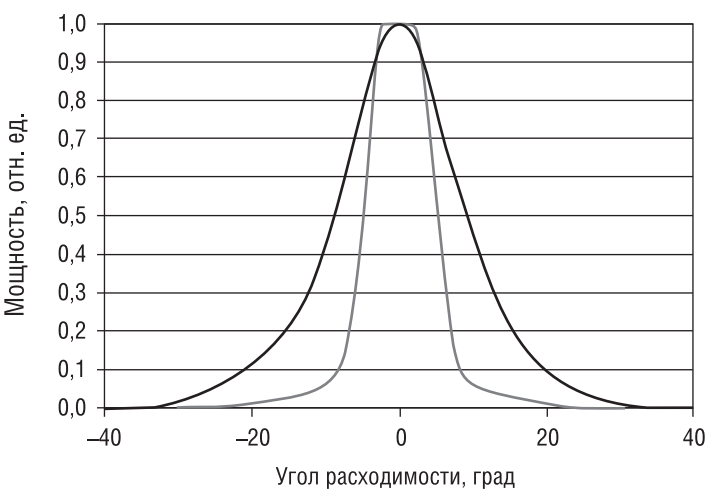



*Рис. 1.8.* Расходимость излучения импульсных ИК-лазерных диодов в перпендикулярных плоскостях, применяемых в излучающей головке ЛО-904-100 (ЛО7) производства Научно-исследовательского центра «Матрикс»

менее 35 Вт, т. е. мы имеем на выходе насадки мощность, ослабленную всего в 2 раза, и вся эта энергия доставляется в нужное место.

## Взаимодействие лазерного света с веществом

*Закон поглощения Бугера* – соотношение, определяющее ослабление интенсивности параллельного монохроматического луча света при распространении его в поглощающем веществе:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu l},$$

где $I_0$ и $I$ – начальная и конечная интенсивность света, $e$ – основание натуральных логарифмов, $l$ – глубина проникновения, μ – показатель (коэффициент) поглощения, физический смысл – это расстояние, на котором интенсивность излучения ослабевает в $e$ (2,71) раз. Коэффициент поглощения зависит от поглощающего вещества и длины волны падающего излучения (λ), поэтому более правильно обозначать как $\mu_\lambda$.

То есть в зависимости от длины волны свет лазера проникает на разную глубину, что во многом определяет конечный результат воздействия и терапевтическую эффективность НИЛИ.

На рис. 1.9 представлена качественная иллюстрация условной глубины проникновения света в кожу для различных частей спектра. Это первое и чрезвы-

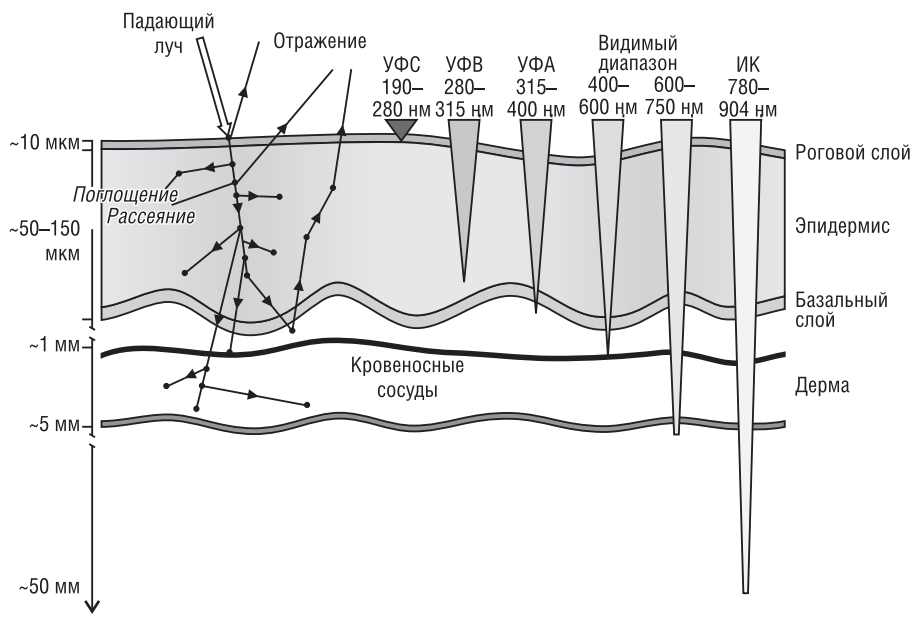



*Рис. 1.9.* Глубина проникновения в кожу лазерного света различных спектральных диапазонов

чайно важное требование к любой методике лазерной терапии – выбор длины волны, которая определяет объёмное распределение поглощаемой энергии. Свет, например в зелёной области спектра (520–525 нм), сильно поглощается в верхних слоях дермы, такое НИЛИ лучше всего использовать в косметологии и дерматологии, но нельзя в методике воздействия на проекцию внутренних органов и иммунной системы, или на проекцию крупных кровеносных сосудов (как альтернатива ВЛОК). Для этих методик требуются лазеры, работающие в красной или ИК областях, кроме того, исключительно импульсные (см. 2-ю и 3-ю части книги).

Процесс распространения света в коже проиллюстрирован подробно на рис. 1.10, где: 1 – роговой слой; 2 – эпидермис; 3 – пограничная зона между эпидермисом и дермой (базальная мембрана); 4 – дерма; 5 – капилляр; 6 – терминальная артериола и 7 – посткапиллярная венула. Стрелками указаны направления движения фотонов света в коже. Расстояние между стрелками – длина пробега фотона, а толщина стрелок – его относительная энергия; а – падающий свет; б – свет, отражённый от поверхности рогового слоя на границе «воздух–кожа»; в – свет, прошедший через роговой слой; внутри эпидермиса и дермы фотоны взаимодействуют (поглощаются и рассеиваются) на клеточных элементах и меланосомах (г, д), на базальной мембране (е), коллагене (ж), кровеносных сосудах (з). Кроме того, взаимодействие света происходит и с элементами придатков кожи [Утц С.Р., 2000].

Приведём также несколько спектральных зависимостей коэффициента поглощения света $\mu_\lambda$ для различных биотканей и сред (рис. 1.11–1.17). Ссылки на них и комментарии неоднократно встречаются в других разделах книги.

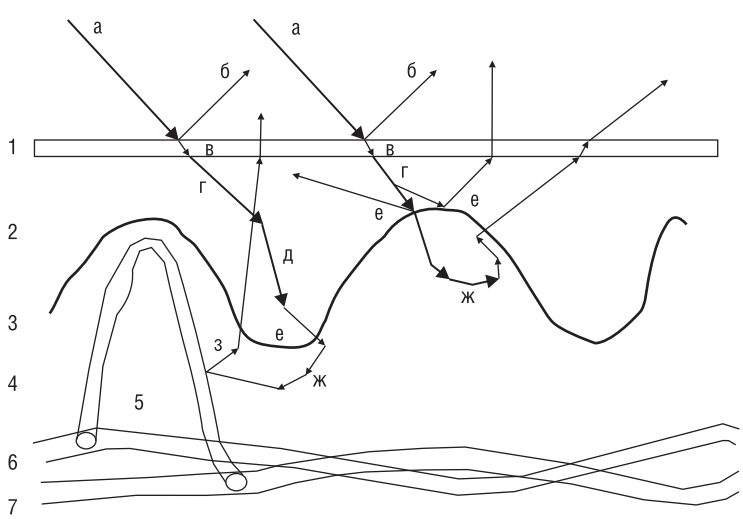



*Рис. 1.10.* Распространение света в коже, комментарии в тексте (Утс С.Р., 2000)

Особо акцентируем внимание на одном важном обстоятельстве. Поскольку коэффициент поглощения находится в показателе экспоненциальной функции, то в зависимости от его значения фактическое ослабление интенсивности падающего света будет происходить экспоненциально. Например, при $\mu_\lambda = 1$ на глубине 1 см свет ослабнет в 2,71 раза, а при $\mu_\lambda = 10$ на такой же глубине интенсивность (мощность) уменьшится уже в $e^{10}$, или более чем в 20 000 раз, а не в десять, как может показаться с первого взгляда.

*Магнитное поле* – это одна из форм электромагнитного поля, особая форма взаимодействия между движущимися заряженными частицами в проводниках или нескомпенсированными молекулярными токами в постоянных магнитах. Графически изображают силовыми линиями, которые образуют в пространстве замкнутые линии. Биологические объекты практически прозрачны для магнитных полей [Соловьева Г.Р., 1991]. Основной характеристикой магнитного поля является магнитная индукция. Единица измерения в *Тесла* [Тл], на практике чаще используют постоянные магниты с индукцией 35–50 мТл. В сочетанной методике магнитолазерной терапии (МЛТ), внешнее постоянное магнитное поле позволяет повысить эффективность действия НИЛИ, но

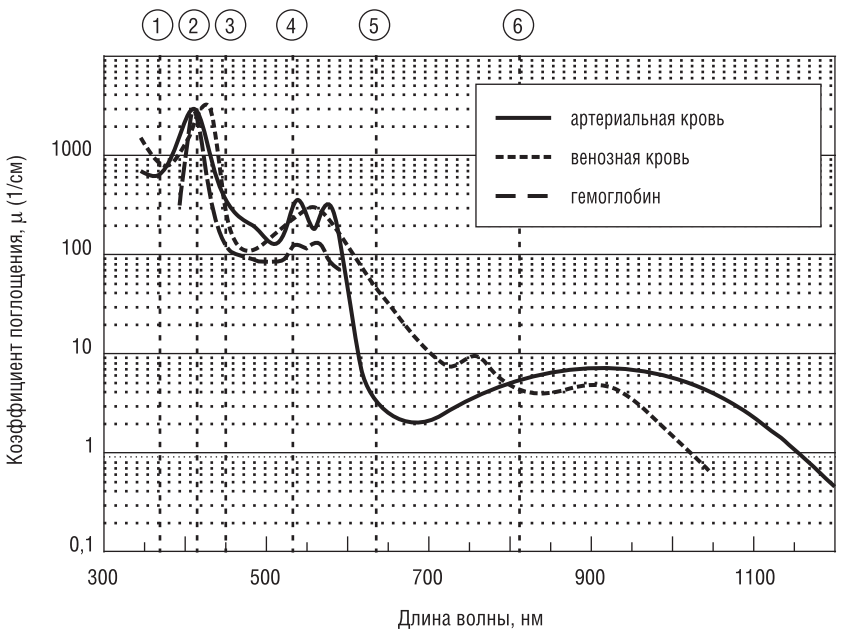



*Рис. 1.11.* Спектр поглощения крови и эритроцитов (Jacques S.L., 1998; Wray S. et al., 1988). Вверху номерами обозначены излучающие головки для АЛТ «Лазмик» с соответствующими длинами волн:
1 – КЛ-ВЛОК-365 (для ЛУФОК®, 365 нм); 2 – КЛ-ВЛОК-405 (405 нм);
3 – КЛ-ВЛОК-445 (445–450 нм); 4 – КЛ-ВЛОК-525 (520–525 нм);
5 – КЛ-ВЛОК-635 (635 нм); 6 – КЛ-ВЛОК-808 (808 нм)

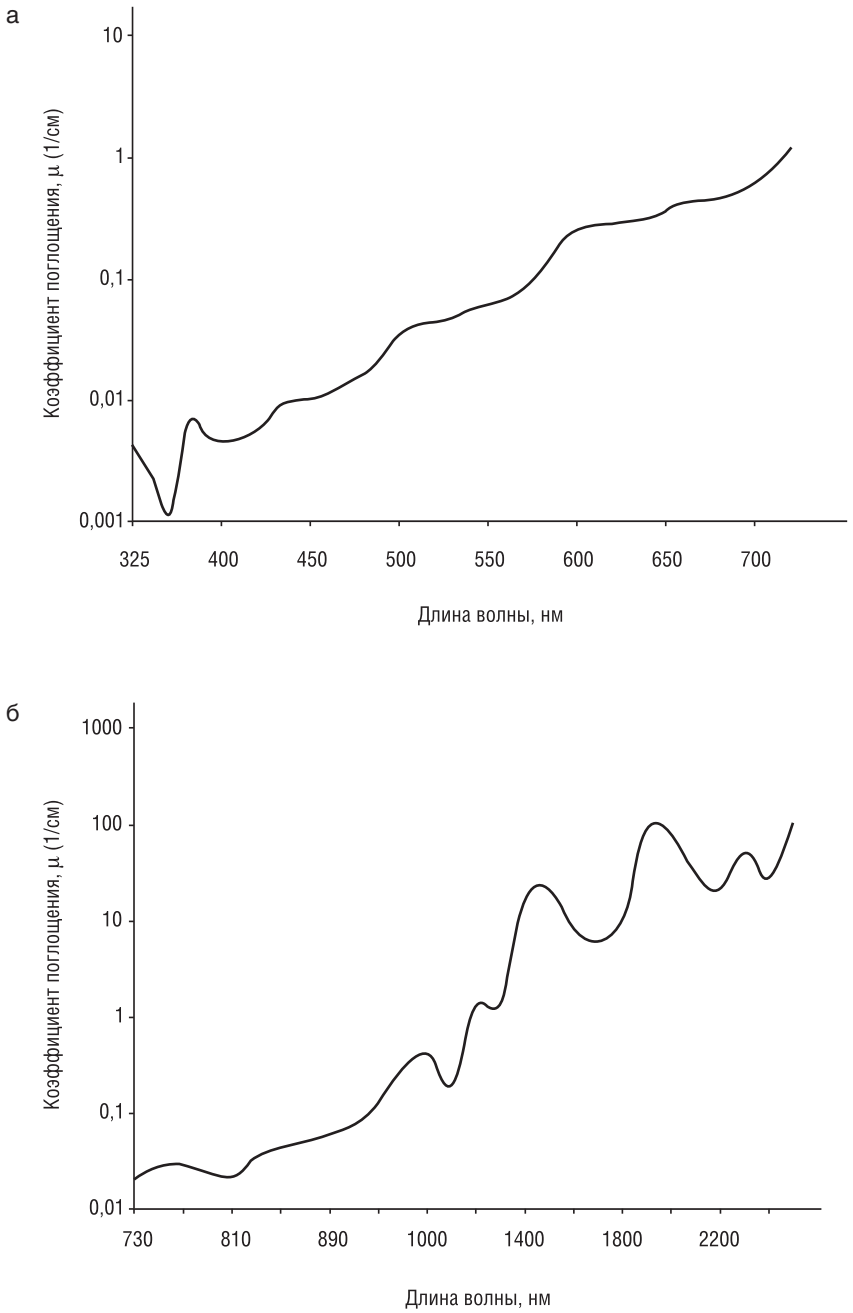



*Рис. 1.12.* Спектр поглощения чистой воды в УФ, видимой (а) и ближней ИК (б) областях (Hale G.M., Querry M.R., 1973; Irvine W.M., Pollack J.B., 1968; Kou L. et al., 1993; Matcher S.J. et al., 1994; Pope R.M., Fry E.S., 1997; Sullivan S.A., 1963; Wieliczka D.M. et al., 1989)

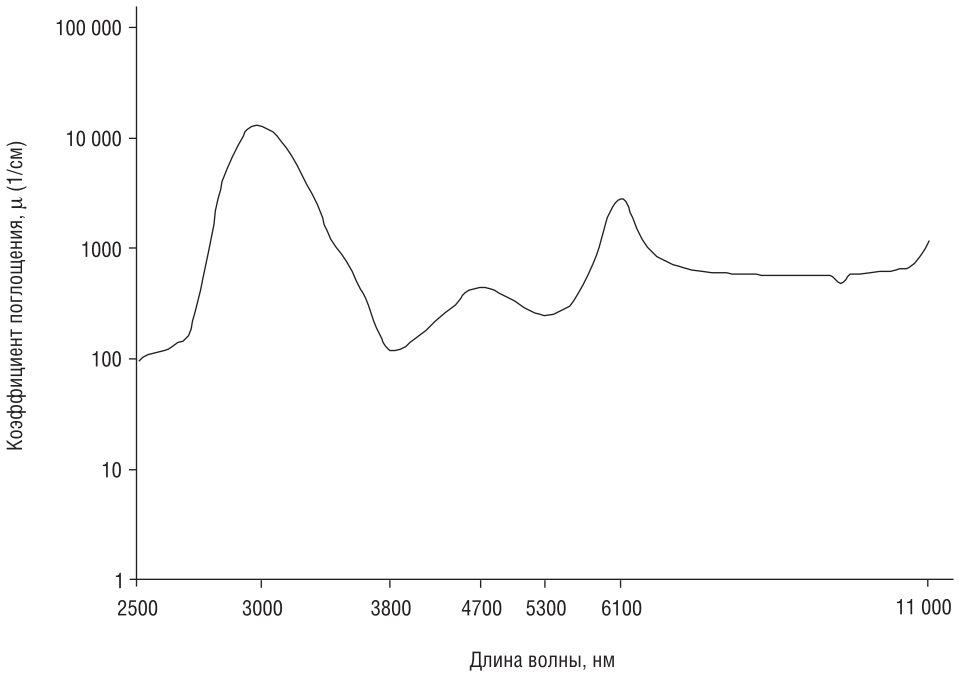



*Рис. 1.13.* Спектр поглощения чистой воды в диапазоне 2500–11000 нм (Hale G.M., Querry M.R., 1973)

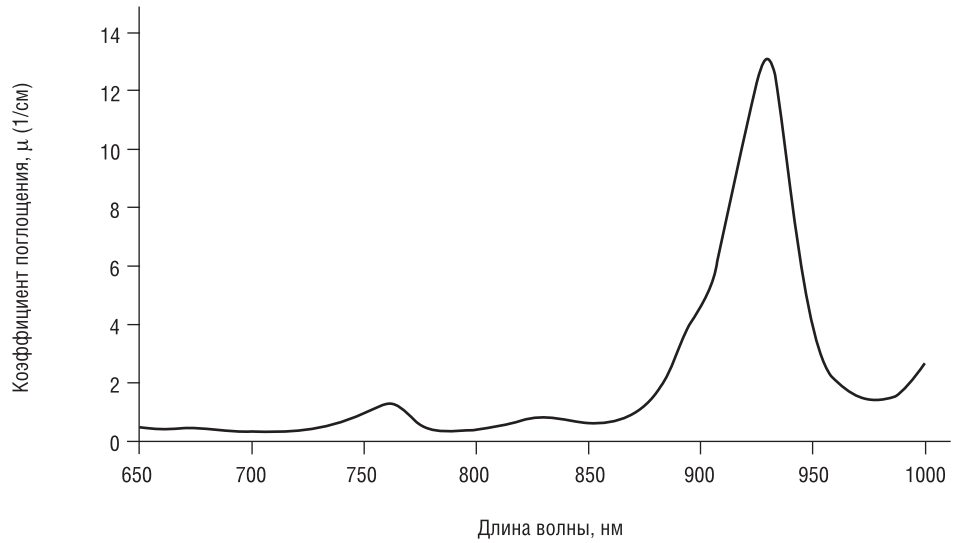



*Рис. 1.14.* Спектр поглощения свиного жира (van Veen R.L. et al., 2005)

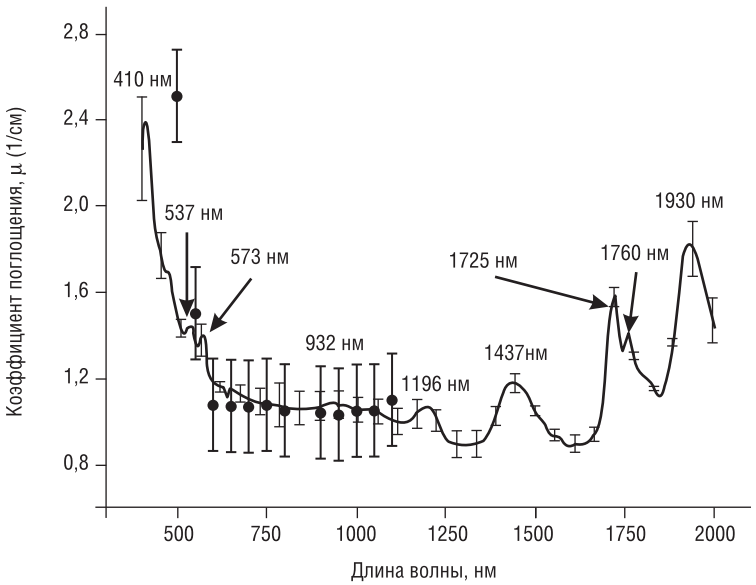



*Рис. 1.15.* Спектр поглощения подкожного жирового слоя человека (адипоцитов), вертикальные линии показывают разброс экспериментальных данных разных авторов (Bashkatov A.N. et al., 2005)

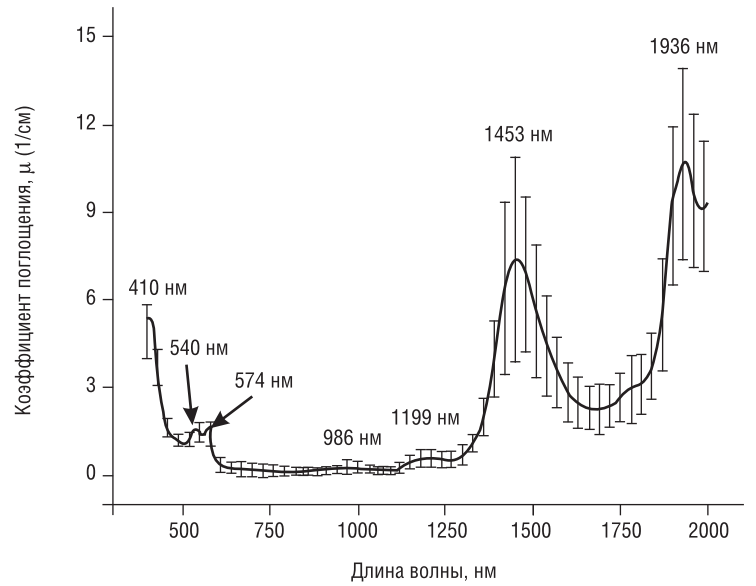



*Рис. 1.16.* Спектр поглощения слизистых тканей человека, вертикальные линии показывают разброс экспериментальных данных разных авторов (Bashkatov A.N. et al., 2005)

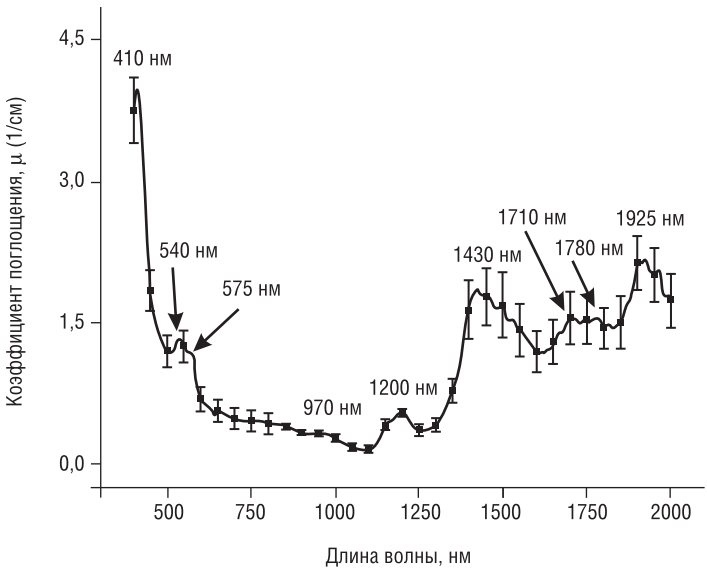



*Рис. 1.17.* Спектр поглощения кожи человека *in vitro*, вертикальные линии показывают разброс экспериментальных данных разных авторов (Bashkatov A.N. et al., 2005)

только в той области, где одновременно «присутствуют» оба физических поля, что имеет место только на глубине 1–2 см, не более. Несложно понять, что эту методику можно использовать только для поверхностного воздействия, например, при различных травмах и заболеваниях суставов. Возможности МЛТ сильно преувеличены, навязанный и разрекламированный бренд на самом деле не соответствует приписываемой ему эффективности.

## *Выводы*

1. Монохроматичность – основное свойство лазерного света, определяющее его эффективность в лазерной терапии.

2. НИЛИ при освечивании поверхности создаёт спекл-структуру, что позволяет выявить подделку при попытке заменить лазер на почти бесполезные светодиоды.

3. Все лазеры обязательно характеризуются таким свойством, как длина волны, с выбора этого параметра начинается любая методика. Современные ИК-импульсные лазеры, самые распространённые в лазерной терапии, имеют длину волны 904 нм. Вместо гелий-неоновых лазеров сейчас применяют исключительно лазерные диоды с длиной волны 635 нм. Они не только надёжнее, удобнее, дешевле, но и эффективнее. Речь, конечно же, идёт о терапевтической практике.

4. У непрерывных лазеров в модулированном режиме средняя мощность не зависит от частоты, а у импульсных лазеров меняется пропорционально частоте, что используют для оптимизации энергетических параметров воздействия.

5. Глубина проникновения НИЛИ не зависит от частоты повторения импульсов. Но чем выше мощность на поверхности, тем больше энергии проникнет на нужную глубину, поэтому увеличение частоты *для импульсных лазеров* используют при воздействии на проекцию внутренних органов как способ повышения эффективности воздействия на большей глубине.

6. Для эффективной доставки энергии НИЛИ с минимальными потерями к месту воздействия необходимо применять *только световоды и волоконную оптику*. Пластиковые насадки рассеивают излучение хаотично, создавая лишь иллюзию доставки света. Альтернативой часто могут быть методики наружного воздействия, для которых используются импульсные лазеры различного спектра, как правило, матричные.

7. Для доставки ИК НИЛИ с длиной волны 890–904 нм в полостных методиках необходимо использовать *только кварцевое оптическое волокно*, которое в отличие от полимерного волокна не поглощает свет в этой области спектра, т. е. оптически прозрачно.

8. Выбор длины волны НИЛИ для методики определяется объёмным распределением поглощаемой энергии, т. е. биофизическими свойствами биотканей, на которые предполагается воздействие.

9. Магнитолазерная терапия может быть применена только для областей, близких к коже, где одновременно «присутствуют» и магнитное поле, и лазерный свет.

# Глава 1.3
# МЕХАНИЗМЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО (ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО) ДЕЙСТВИЯ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Живой предмет желая изучить,
Чтоб ясное о нём познанье получить, –
Учёный прежде душу изгоняет,
Затем предмет на части расчленяет
И видит их, да жаль: духовная их связь
Тем временем исчезла, унеслась!
*И.В. Гёте*

Совершенно очевидно, что для максимально эффективного и безопасного применения лазерной терапии необходимо знать во всех деталях и подробностях механизмы биологического (терапевтического) действия низкоинтенсивного лазерного света, теоретической основы, которая заложена в методиках лечения. Эта глава получилась намного объёмнее, чем другие в первой части книги, ввиду чрезвычайной важности рассматриваемой темы для понимания базовых принципов повышения эффективности лазерной терапии. Только глубокие знания механизмов биологического действия (БД) НИЛИ, особенно его первичного звена, позволяют делать прогнозы в отношении оптимизации параметров методики и их коррекции, а изучение вторичных процессов необходимо для эффективного контроля результатов лечения.

По определению, лазерная терапия – метод физиотерапии, основанный на инициировании посредством воздействия НИЛИ ответных физиологических реакций организма человека, направленных на восстановление нарушений на всех уровнях регулирования. То есть сам по себе лазерный свет не является терапевтическим агентом, действует абсолютно неспецифично, но как бы устраняет препятствия, мешающие саморегулированию, саногенезу. Ничего нового, с точки зрения биохимии и физиологии человека, не происходит, лишь преодолеваются барьеры, препятствующие организму самостоятельно, за счёт активации собственных резервов справиться с возникшими нарушениями. В медицине речь идёт об устойчивых патологических изменениях или болезни, а в косметологии, несмотря на то что это одно из направлений современной медицины, мы говорим о возрастной физиологической норме и её коррекции.

Биологическое действие НИЛИ рассматривается, как правило, в виде последовательной цепочки развивающихся во времени процессов, начиная с живой клетки и заканчивая «терапевтическим» эффектом, когда подразумевается уже конкретный практический результат клинического применения. Важно понимать, что взаимодействие лазерного света с биологической системой происходит в два основных этапа: первичный механизм, заключающийся в

непосредственном поглощении световой энергии, и вторичные механизмы, в значительной степени уже после окончания освечивания, развивающийся каскад вторичных ответных реакций, являющихся, собственно, основным «лечебным фактором».

Не побоимся повторить, что данный вид физиотерапии своим названием обязан тому, что только и именно *лазерное* излучение позволяет осознанно и контролируемо вызывать *эффективный* отклик нужной силы и направленности практически всех систем, поддерживающих гомеостаз, что в итоге предопределяет наилучший лечебный результат. С гелио-, свето-, фото-, квантовой, светодиодной, «квазилазерной» и прочими «терапиями» *замечательный метод лазерной терапии* не имеет ничего общего, кроме того, что во всех случаях используется ЭМИ оптического диапазона. Но свет лазера, в отличие от других источников (солнце, светодиоды или лампы бытового освещения), обладает максимальной степенью монохроматичности и поляризованности, что позволяет наилучшим способом контролировать, доставлять и распределять энергию в нужном месте, обеспечивая при этом необходимую селективность и эффективность воздействия. Это и гарантирует максимальный и стабильный терапевтический результат.

Технологии лазерной терапии предельно просты, не требуют дорогостоящего оборудования, эффективно сочетаются практически со всеми другими методами лечения (как терапевтическими, так и хирургическими), поэтому их могут использовать в своей работе врачи самых разных клинических специальностей, а не только физиотерапевты. Исключительная простота методологии и техники проведения процедур есть прямое следствие глубокого и досконального понимания механизмов БД НИЛИ. Благодаря этому нами в ГНЦ лазерной медицины была разработана именно *технология* под названием «лазерная терапия», суть которой подразумевает строгое, предельно корректное выполнение заданных методикой последовательности действий (манипуляций), в результате чего обеспечивается максимально эффективное лечение с воспроизводимыми и прогнозируемыми результатами.

Дорога к сегодняшнему пониманию механизмов БД НИЛИ была похожа на лабиринт с множеством тупиков и обходных путей. Изучение любого природного явления всегда представляет собой процесс накопления и анализа исходных данных с последующим обобщением в виде теории, объясняющей без внутренних противоречий все без исключения известные факты. В свою очередь, предположения, являющиеся следствием и выводами из рассматриваемой концепции (теории), также должны подтверждаться практикой, развивая и обогащая её. Для объяснения механизмов сложных, с многочисленными внутренними связями процессов, как правило, выдвигается большое количество идей и предположений, иногда взаимоисключающих друг друга, однако выбор должен быть сделан в пользу только одной версии, единственно верной, иначе любой независимый наблюдатель будет вправе заявить: ничего не знаем и не понимаем.

Так было до недавнего времени и с изучением первичного механизма БД НИЛИ, авторы практически всех обзорных публикаций по тематике пересказывали своими словами многочисленные гипотезы и констатировали: «не знаем». Подчеркнём, что это всегда касалось только *первичного* звена изучаемого явления, в отношении же вторичных процессов ситуация была и остаётся принципиально иной, десятки тысяч исследований выявили множество теперь уже известных закономерностей и заложили основы успешного применения лазерной терапии в клинической практике. Но эмпирического опыта недостаточно для того, чтобы развивать направление и *методологию*, а не только следовать стандартной методике. Для этого и надо понимать *закономерности*, т. е. что будет происходить в случае изменения режимов воздействия, а знание именно первичных процессов позволяет разобраться в данном вопросе.

Ситуация резко изменилась после того, как мы задействовали *метод системного анализа*, одного из мощнейших инструментов в руках исследователей, позволившего объединить все гипотезы в единую модель механизмов биологического (терапевтического, лечебного) действия НИЛИ и устранить противоречия (чаще всего кажущиеся) ранее выдвигаемых версий. На основе предложенной нами модели БД НИЛИ как термодинамического запуска $Ca^{2+}$-процессов стало возможным прогнозирование результата воздействия при изменении начальных условий (параметров лазерного излучения и методик). Это важно как минимум для обеспечения безопасности проведения процедур, понимания ограничений в пределах варьирования, но также и для развития метода, его оптимизации. У лазерной терапии наконец-то появилась серьёзная теоретическая и методологическая основа, позволяющая самое главное – предсказывать результат проводимых мероприятий по совершенствованию методики, повышению её эффективности.

Разобщённость исследователей, работающих, казалось бы, в одной области изучения влияния ЭМИ на биологические объекты, но лишь используя излучение разного частотного диапазона, поражает. Так, например, Р.Э. Тигранян (2010) пишет: «Механизм биологического действия сверхслабых доз рассматривается на основе некоторых общих закономерностей, имеющих место при взаимодействии различных физических факторов с биологическими системами, и ограничивается сверху условно частотами порядка $3 \cdot 10^9$ Гц – примерно до этих значений частоты, несущей ЭМИ, исследованы некоторые эффекты, идентичные реализуемым с помощью других неионизирующих излучений». Но идею неспецифичности и общности механизмов биологического действия ЭМИ можно уверенно пролонгировать также на оптический диапазон, до частот $10^{15}$ Гц. Надо всего лишь немного выйти за рамки узкоспециализированного взгляда на объект научного исследования. Эффекты воздействия НИЛИ и ЭМИ малой мощности других диапазонов очень схожи, гамма-излучение и переменное магнитное поле [Левин В.И., 2000], СВЧ (3–30 ГГц) [Тигранян Р.Э., 2010], КВЧ (30–300 ГГц) [Бецкий О.В. и др., 2004; Ордынская Т.А. и др., 2008; Чуян Е.Н., 2003]. Если почитать эти

и другие работы, в которых изучаются первичный механизм БД неионизирующего ЭМИ, создаётся полное ощущение, что речь идёт об одном частотном диапазоне. Логичнее просто сделать вывод об универсальности и общности этих процессов, наличии общего, единого первичного механизма.

Р.Э. Тигранян (2010) выделяет три основные закономерности воздействия неионизирующего излучения на биологические структуры, не объясняемые, по мнению автора, существующими представлениями о возможных путях взаимодействия с биологическими объектами.

1. Частотнозависимые резонансные эффекты наблюдаются при отношении длины волны воздействующего фактора к размеру биологического объекта, равном нескольким порядкам.
2. Фазозависимые эффекты наблюдаются при действии импульсов неионизирующего излучения в определённые фазы периодического биологического процесса, характеризуемые наибольшей активностью объекта.
3. Уровни интенсивностей воздействующего фактора на несколько порядков ниже биологически значимых.

Как всё это созвучно тому, что известно исследователям лазериндуцированных биоэффектов!

Многочисленные авторы рассматривают внешнее ЭМИ во взаимодействии с субклеточными органеллами или биомолекулами как объектами собственного электромагнитного поля (ЭМП) клетки [Beneduci A., 2008; Berg H., 2004; Challis L., 2005; Chiabrera A. et al., 1985; Foster K.R., 2000; Kanokov Z. et al., 2009; Karimov A., Shcheglov V., 2000; Sonnier H., Marino A., 2001]. Основная проблема при таком подходе заключается в том, что квант энергии ЭМИ в большинстве случаев меньше средней энергии теплового шума ($k_BT$), поэтому поглощённое ЭМИ вроде бы не способно оказать существенное влияние на биосистемы [Adair R., 2003; Kanokov Z. et al., 2009]. Однако V. Binhi и A. Rubin (2007) поясняют, что понятие «$k_BT$» введено в статистической физике и применимо только для систем вблизи теплового равновесия, в которых ЭМИ не могут изменить среднюю колебательную энергию молекул. Но биологические системы не находятся в термодинамическом равновесии, некоторые из их степеней свободы вращательных и колебательных уровней слабо связаны с другими, время термализации (необходимое для перераспределения энергии в другие степени свободы) может быть значительно больше, чем в системах, находящихся в тепловом равновесии (неодушевлённые предметы), поэтому неудивительно, что ЭМИ могут вызвать значительное изменение энергии некоторых степеней свободы до диссипации или её перераспределение [Binhi V., Rubin A., 2007]. В обзоре M. Cifra с соавт. (2011) и сборнике [Giuliani L., Soffritti M., 2010] приводятся многочисленные примеры таких взаимодействий в широчайшем диапазоне длин волн (частот), от УФ-света до террагерцового диапазона ЭМИ. Более подробно эту тему рассматривать не будем, поскольку она выходит за рамки книги, важно лишь подтверждение единства электро-

магнитного взаимодействия живой и неживой природы в разных частотных диапазонах.

В объяснении первичного механизма БД НИЛИ В.М. Чудновский (2002) одним из первых исходил из неспецифичности этого процесса, в основе которого, по его мнению, лежит изменение под действием лазерного света в пространственно-ограниченном малом объёме коэффициента преломления $n$ (в пределах $\Delta n \sim 10^{-3}$). Этот эффект был показан ранее для различных водных растворов, моделирующих биологическую жидкость (рис. 1.18) [Скопинов С.А., Яковлева С.В. 1987].

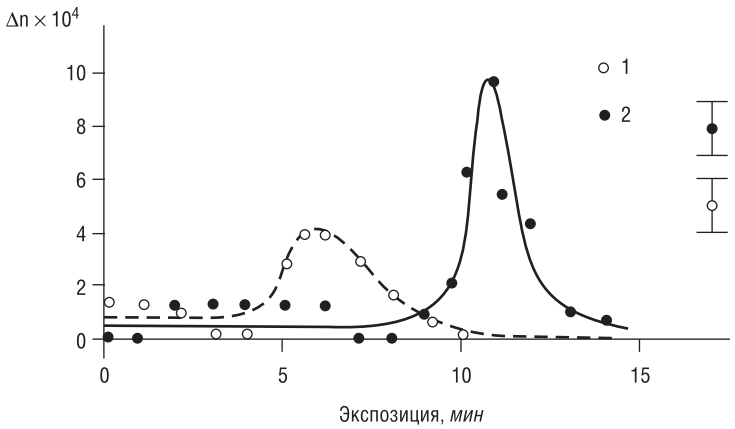



*Рис. 1.18.* Изменение показателя преломления биораствора после освечивания ГНЛ ($\lambda$ = 633 нм); 1 – сыворотка крови (15 мВт/см$^2$); 2 – раствор человеческого сывороточного альбумина (45 мВт/см$^2$) (Скопинов С.А., Яковлева С.В., 1989)

Изменение под действием лазерного света коэффициента преломления $n$ и связанного с ним коэффициента диэлектрической проницаемости ε биожидкости (водного раствора) влечёт за собой изменение активности ионов раствора $f_i$. В частности, от величины $n$ зависит величина редокс-потенциала. Эта связь описывается системой уравнений в рамках расширенной теории Дебая–Хюккеля в виде квадратичных и логарифмических зависимостей [Ньюмен Дж., 1977]. Изменение ε (или $n$) приводит к изменению $f_i$, что снижает потенциальные барьеры важнейших биохимических реакций, в том числе ключевых, запуская каскад изменений параметров гомеостаза биологической системы.

Математические выкладки, сделанные В.М. Чудновским (2002), показывают, что итоговые энергетические сдвиги в биологической системе могут на 3–6 порядков быть значительнее, чем энергия НИЛИ, вызвавшая цепную реакцию. Это во многом объясняет достаточность минимального уровня энергетической плотности для инициирования ответной реакции биообъекта на

внешнее воздействие. И если в качестве объекта «усиления активности ионов» выбрать высвобождение из внутриклеточных депо $Ca^{2+}$, а не абстрактные рассуждения про «конденсацию динамических возбуждений», «солитоны», «бозонные лавины» и т. п., то всё выглядит вполне убедительно и логично. После детального обсуждения такой трактовки автор идеи согласился, что конкретизация исходной модели способствует дальнейшему продвижению в познании всей картины происходящего.

*В качестве ремарки.* Одной из целей теоретического исследования является определение величин, не поддающихся непосредственному измерению, т. е. *предсказание*. Другой задачей теории является *объяснение* данной совокупности фактов. Эксперимент может дать ответ на вопрос, что происходит, но вопросы, каким образом и почему, останутся нерешёнными. Само явление, безусловно, должно логически вытекать из предположения. Так как различных предположений, объясняющих данную ограниченную совокупность фактов, очень много, а чаще бесконечно много, мы начинаем выбирать из них те, которые объясняли бы возможно большее число явлений. Затем уже рассматриваем выводы, вытекающие из гипотезы, и сравниваем их с экспериментальными данными. При обилии фактов относительно исследуемого явления элемент предсказания не используется, для этого случая характерны лишь многочисленные количественные согласия между теорией и уже полученными экспериментальными данными. При подтверждении теории мы имеем дело с *предсказанием*. Хотя это звучит парадоксально, в физике трудно найти пример такого предсказания, чего нельзя сказать о биологии. Причиной этого является количественное мышление физиков, выработавшееся у них за многие века, поскольку связи между физическими явлениями изучаются экспериментально, то такое изучение обычно является количественным. До недавних пор у биологов дело обстояло не так, что объясняется сложностью и изменчивостью биологических явлений, а также трудностями исследования количественных связей, следовательно, в биологии чрезвычайно важными являются методы математического анализа, позволяющие как предсказывать результат эксперимента, так и объяснять всю полученную в ходе исследования совокупность фактов [Рашевски Н., 1966].

Несмотря на очевидные успехи применения системного анализа и возрастающий интерес к методу во всём мире, ВАК Минобразования России почему-то исключила его из перечня научных специальностей для биологии и медицины, где подобный метод нужен, как нигде. Развитие системного анализа в медико-биологических науках приобретает на современном этапе особое значение, поскольку накопление фактического материала значительно опережает его должное осмысление, не делается даже простой систематизации, и разрыв стремительно растёт. А где диалектический переход количества в качество? Когда же под словом «наука» будут подразумевать не простую констатацию «новых научных фактов», но способность думать и делать выводы? Как чиновники не могут понять, что простое изложение фактов не есть

наука? Только Исаак Ньютон, открыв закон всемирного тяготения, может считаться настоящим учёным, а не те тысячи «наблюдателей», описывающих падение различных предметов, что-то вроде такого: «пух падает медленно, а камень быстро». К счастью, системный анализ в медико-биологической науке России, может быть не в достаточной степени, но развивается, во многом благодаря ежедневной и плодотворной работе многих энтузиастов. Отдельную признательность и благодарность хотелось бы выразить проф. А.А. Хадарцеву и проф. В.А. Фролову за их неоценимый вклад в развитие научной методологии.

Кроме того, существует известная проблема разобщённости учёных, даже работающих в одной области мировой науки, но проводящих свои исследования всего лишь на различных моделях. Вот свежий пример. Ещё в 1962 году в классическом эксперименте по замене ядра яйцеклетки лягушки ядром взрослой клетки было обнаружено, что специализация клеток обратима [Gurdon J.B., 1962]. Но лишь спустя 40 лет показали, что и взрослые животные клетки также можно перепрограммировать в стволовые [Takahashi K., Yamanaka S., 2006]. Нобелевский лауреат 2012 года Джон Гёрдон так объяснил причину задержки развития методологии клонирования животных на десятки лет: «Исследователи животных не читают работы тех, кто занимается лягушками». Вот и в лазерной терапии сотни прекрасных исследований либо забыты, либо неправильно интерпретируются, иногда даже их авторами. В итоге на десятилетия тормозится развитие науки и практики.

Но вернемся к основной теме.

Для полноты восприятия общей картины состояния дел в лазерной терапии как научном направлении, в первую очередь, на современном этапе её развития крайне важен критический анализ сделанных ранее ошибок, неверных заключений и выводов. Хотя бы для того, чтобы отвергнуть раз и навсегда очевидные заблуждения, активно поддерживаемые некоторыми оппонентами. Всех, и нас в том числе, интересует *объективная* истина, поэтому мы рассматриваем не только термодинамическую модель первичных механизмов, уже полностью доказавшую свою состоятельность, и на основе которой разработано множество новых, действительно эффективных методик лазерной терапии, но также основные гипотезы, предложенные ранее. Критерием истины является практика, а поскольку изучение механизмов БД НИЛИ носит сугубо прикладной характер, то в качестве лучшего объективного практического критерия может служить обоснование эффективности методик лазерной терапии при вариации параметров воздействия. Другими словами, если теория может правильно предсказывать оптимальные режимы ЛТ, значит, она верная. Именно в таком аспекте мы и рассматриваем научные данные, а также сделанные на их основе выводы.

В отдельных главах более подробно представлены доказательства оптимизации различных действующих факторов, определяющих эффективность лечебной методики. В первую очередь этот касается свойств самого НИЛИ:

длина волны, когерентность, степень поляризации, мощность и режим работы лазерного источника (непрерывный, модулированный или импульсный), частота повторения импульсов и др. Не менее принципиальное значение имеют и другие параметры методики: время экспозиции и площадь. С точки зрения повышения эффективности лечения наиболее важным, на наш взгляд, является методическое соответствие основным принципам хронобиологического подхода к лечению (многочастотное воздействие). Этому посвящена 4-я часть монографии.

Известные закономерности, представленные в основных разделах книги, не были объяснены ни одной из предложенных ранее гипотез, зато являются прямым и очевидным следствием рассматриваемой нами модели первичного механизма БД НИЛИ (как термодинамического запуска $Ca^{2+}$-зависимых процессов) [Москвин С.В., 2003(2), 2007, 2008, 2008(2), 2010]. Тем самым полностью и неопровержимо подтверждается справедливость предложенной нами последовательности развития процессов вследствие поглощения квантов света внутриклеточными компонентами.

Обращаем внимание на то, что в книге мы рассматриваем только *низкоинтенсивное* (низкоэнергетическое) лазерное излучение – НИЛИ. Взаимодействие биологических структур с энергией хирургических лазеров, мощным излучением в случае фотодинамической терапии (ФДТ) или специфической фототерапии (например, лампа Минина) носит принципиально иной характер, механизмы и закономерности там совершенно другие.

Итак, лазерный свет в терапии – это внешний регулятор клеточной биохимической активности и физиологических функций организма в целом. Принципиально важно понимать взаимодействие НИЛИ с биологическими объектами в виде многоступенчатого процесса, развивающегося после первичного акта поглощения энергии фотона. Обычно выделяют два независимых этапа со своими механизмами: первичный процесс и вторичные ответные реакции. Поскольку при изучении терапевтических эффектов лазерного воздействия также рассматриваются клинические аспекты, в медицинской литературе чаще всего условно добавляют и их:

1) первичные процессы (изменение состояния электронных уровней молекул живого вещества, стереохимическая перестройка молекул, локальные термодинамические сдвиги, возникновение повышенной концентрации $Ca^{2+}$ в цитозоле);
2) вторичные эффекты (распространение волн повышенной концентрации $Ca^{2+}$ в клетке и между клеток, стимуляция (или угнетение) $Ca^{2+}$-зависимых биопроцессов на клеточном уровне, изменение функционального состояния как отдельных систем биологической клетки, так и организма в целом);
3) эффекты последействия (образование продуктов тканевого обмена, отклик систем иммунного, нейрогуморального, эндокринного регулирования и т. д.).

Всё это и определяет широчайший спектр ответных реакций организма на лазерное воздействие, начиная от первичного акта поглощения энергии фотона и заканчивая реакцией различных регулирующих систем организма (рис. 1.19) [Москвин С.В., 2008]. Данная схема в итоговой части также обычно дополняется деталями и особенностями патогенеза конкретного заболевания.

*Рис. 1.19.* Последовательность развития биологических эффектов после воздействия НИЛИ (механизмы биологического и терапевтического действия НИЛИ)

Изучение вторичных эффектов продолжается, многое ещё предстоит понять, в первую очередь с точки зрения оптимизации параметров терапевтических методик, но именно после практически всеобщего признания модели термодинамического запуска $Ca^{2+}$-зависимых процессов, как первичного механизма БД НИЛИ, лазерная терапия получила мощнейший импульс для своего развития. Появилась возможность обоснования и разработки новых, высокоэффективных методик на базе современных аппаратов («Матрикс», «Матрикс-Уролог», «Лазмик®», «Лазмик-ВЛОК», «Агиур®» и др.), позволяющих обеспечивать наиболее оптимальные характеристики воздействия, в которых используются только лазеры с параметрами, необходимыми именно для целей и задач лазерной терапии. Современные лазерные терапевтические аппараты не только являются инструментом для реализации эффективных методик в практическом здравоохранении, но и расширяют методологичес-

кие возможности за счёт применения новых спектральных, энергетических и пространственно-временных параметров лазерных источников.

Наиболее важным для оптимизации методик лазерной терапии является понимание именно первичного механизма, на нём мы остановимся максимально детально. Вторичные процессы достаточно подробно изложены в многочисленных книгах, изданных за десятки лет применения метода, как обоснование эффективности лазерной терапии в различных областях медицины. В рамках темы данной книги вторичные механизмы не рассматриваются, а некоторые ссылки на наши работы даны лишь для верификации данных. Но вначале несколько предварительных замечаний по теме.

## *Лежат ли в основе лазерной терапии фотобиологические эффекты?*

Многим такая постановка вопроса покажется бессмысленной – конечно, это фотобиологический процесс по определению, хотя всё и не так просто. Дело в том, что вначале механизмы БД НИЛИ изучали почти исключительно фотобиологи со своими стереотипами и профессиональной узостью восприятия окружающей действительности. И чуть было всё не загубили. Рекомендации для практических врачей, сделанные ими на основе своих взглядов на проблему, оказались совершенно неприемлемыми, эффективность методик была равна нулю. Тот случай, когда к советам некоторых учёных не очень-то и надо прислушиваться. Это ещё одна причина, по которой лазерная терапия не так широко распространена в современном практическом здравоохранении, как она того заслуживает – слишком верим теоретикам. К счастью, наши врачи в большинстве своём грамотные и понимающие люди, а собственный успешный практический опыт ставят выше некоторых абстрактных умозаключений. Постараемся разобраться в сути проблемы именно в критическом ключе здравого скептицизма.

Вопрос, на который уже давно дан ответ: существует ли *специфическая* система фотобиорегуляции и фото*рецепторы*, соответственно? Такое предположение, например, высказывал Н.Ф. Гамалея (1972), но оно не нашло никакого подтверждения. Все исследователи в настоящее время обсуждают различные *неспецифические акцепторы* как первичные звенья взаимодействия НИЛИ с биологическими объектами, прежде всего на уровне живой клетки.

Необходимо также определиться, имеем мы дело с фотохимической или фотофизической природой *первичного* механизма. Вероятнее всего, именно на первом этапе, с физическими процессами, поскольку фотохимия изучает всё-таки фотоиндуцированные изменения состояния молекул, непосредственно участвующих в химической реакции, проходящие чаще всего в растворах. Лазерный же свет чрезвычайно малой интенсивности (энергии, мощности) и в том спектральном диапазоне, которые используются в терапии, просто не способен инициировать прямые фотохимические ответные реакции из-за

малой энергии возбуждения электронных уровней [Турро Н., 1967]. Биохимические процессы, конечно же, активизируются в живой клетке под действием НИЛИ, но они исключительно *вторичны*. Такого мнения в настоящее время придерживается большинство исследователей, хотя некоторые авторы и пытаются предлагать свои, абсолютно несостоятельные и весьма специфические варианты. Например, предположение о возможности двухфотонного поглощения или появления второй гармоники от основной длины волны. Прямой перевод молекулы в одно из активных состояний невозможно обеспечить в тех спектральных диапазонах, где нет полос поглощения [Турро Н., 1967]. Для этого требуется удовлетворить специфическим требованиям к прозрачности и анизотропности среды [Шпольский Э.В., 1962], что невозможно обеспечить в биологическом объекте из-за множества «мишеней» с пересекающимися полосами поглощения при исключительно, напоминаем, малой плотности мощности лазерного света.

Важен ещё один момент, относящийся скорее к терминологии, но не только. Часто говорят о механизмах «фотобио*активации*», что совершенно некорректно, поскольку НИЛИ может как стимулировать, так и ингибировать различные процессы. Правильнее использовать термины «коррекция», «нормализация» и др. Конечно, речь в данном случае идёт не о конкретных исследованиях, но о самом принципе. Если же в культуре получили стимуляцию митотической активности, то так и надо, конечно же, писать, это понятно. Кроме всего прочего, как уже отмечалось выше, некоторых людей настораживают слова «активация» и «стимуляция», особенно в ассоциативной связи с различного рода опухолями.

*На вопрос, вынесенный в название раздела, мы отвечаем категорически отрицательно.* Как будет показано ниже, в классической фотобиологии не могут никоим образом проявляться те закономерности, которые наблюдаются при взаимодействии НИЛИ с биологическими объектами. В первую очередь речь идёт о явно нелинейном характере энергетической зависимости. Разве может в фотобиологии наблюдаться такое явление, как усиление отклика при снижении интенсивности действующего фактора? Нет, поскольку работают законы фотобиологии, определяющие исключительно линейный характер взаимодействия. Например, попробуйте поставить растение в темноту – разве будет оно расти и развиваться быстрее, чем на солнечном свете?

Чтобы не быть голословными, приведём выводы из одного исследования, посвящённого особенностям *лазер*индуцированной (ГНЛ, 633 нм, непрерывный режим) стимуляции синтеза белка шести дрожжевых культур [Fedoseyeva G.E. et al., 1988], хотя вся книга и далее просто переполнена подобными примерами. В табл. 1.1 приведена удивительная закономерность, из которой следует, что чем выше оптическая плотность, тем больше нужно энергии для получения стимулирующего эффекта. Разве *такое* может быть в *фото*биологии?

Более того, на рис. 1.20 представлена зависимость стимуляции синтеза белка для нескольких дрожжевых культур с различной плотностью. На ниж-

*Таблица 1.1*

**Корреляционная связь между оптической плотностью и оптимальной энергетической плотностью (ЭП) (Fedoseyeva G.E. et al., 1988)**

| Дрожжевая культура | Оптическая плотность | Оптимальная ЭП, Дж/см$^2$ |
|---|---|---|
| *Torulopsis sphaerica* | 0,035<br>0,060<br>0,135 | $3{,}4 \cdot 10^{-2}$<br>$4{,}6 \cdot 10^{-2}$<br>$5{,}6 \cdot 10^{-2}$ |
| *Saccharomycodes ludwigii* | 0,030<br>0,051 | $2{,}3 \cdot 10^{-3}$<br>$3{,}1 \cdot 10^{-3}$ |
| *Candida boidinii* | 0,035<br>0,060 | $1{,}52 \cdot 10^{-2}$<br>$3 \cdot 10^{-2}$ |

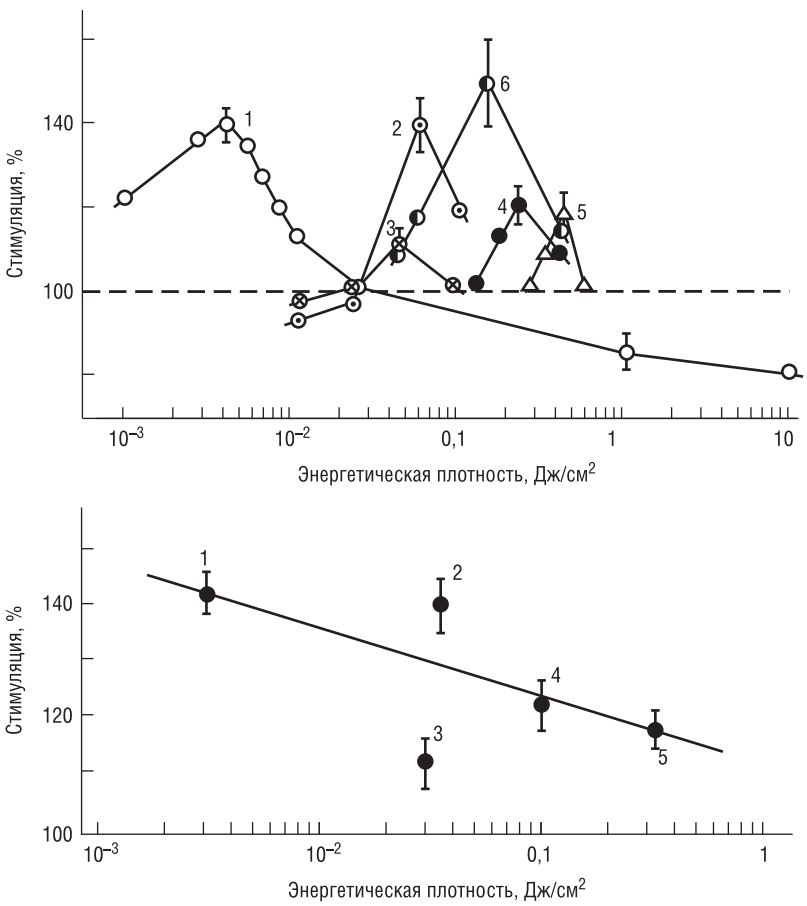



*Рис. 1.20.* Стимуляция синтеза белка в зависимости от ЭП (на нижнем графике только максимально эффективные значения): 1 – *Saccharomycodes ludwigii*; 2 – *Torulopsis sphaerica*; 3 – *Candida boidinii*; 4 – *Candida maltosa*; 5 – *Saccharomyces cerevisiae* 14; 6 – *Candida boidinii* (Fedoseyeva G.E. et al., 1988)

нем графике видно, что *эффект возрастает при уменьшении энергетической плотности*! Для *фото*биологии это выглядит совершенно неприемлемо, прямое нарушение её законов. Из данного факта можно сделать вывод, что первичным звеном *лазер*индуцированных биоэффектов не является фотобиологический процесс в классическом его понимании.

Второе, что вызывает удивление, это отсутствие специфичности спектра действия (спектральной зависимости). Для лазериндуцированных процессов неважно, какой именно внутриклеточный компонент поглотит лазерную энергию, конечный результат всегда качественно идентичен, значение имеет лишь степень поглощения объекта в целом в зависимости от длины волны. В фотобиологии всё не так. Соответствует падающий свет спектру поглощения акцептора – есть результат, характерный для этого вещества и его специфической функции; нет поглощения – не будет и эффекта. Этой теме посвящена целая глава 2-й части книги, поэтому останавливаться с подробными разъяснениями не будем.

Именно тут, пожалуй, стоит покритиковать некоторых ярых защитников «фотобиологической» модели, которые совершенно искренне в своём неведении (не хочется писать – невежестве) считают, что «термические» (в их терминологии) эффекты могут наблюдаться только при разрушении биотканей [Владимиров Ю.А., 2008]. При этом никаких серьёзных аргументов не приводится, нет даже попыток объяснения имеющихся закономерностей в отношении энергетических и спектральных зависимостей, наблюдающихся при воздействии НИЛИ. В известной и довольно часто цитируемой работе из сотен известных *лазер*индуцированных эффектов выхвачены только три составляющие сложнейшей системы биорегуляции: супероксидисмутаза (СОД), оксид азота и процесс перекисного окисления липидов. В отношении их были кое-как слеплены аргументы, якобы объясняющие механизмы БД НИЛИ, которые сами авторы считают логичными, а в отношении же сотен других известных закономерностей и доказанных изменений в биологической регуляции стыдливо умалчивают, как будто бы их и нет вовсе [Владимиров Ю.А., 1999].

При этом делается прогноз в отношении перспектив развития лазерной терапии в целом (ни много ни мало): «Покров тайны чуть-чуть приоткрылся, когда речь шла о природе терапевтического действия ГНЛ (излучение при 633 нм). СОД и гематопорфирин, два возможных рецептора фотонов, действительно обладают небольшим поглощением при данной длине волны. Но как объяснить терапевтическое действие инфракрасного лазера, излучение которого лежит при 904 нм, где нет полос поглощения, связанных с электронными переходами у биологически важных молекул? Здесь получены лишь самые первые результаты. Исследования продолжаются» [Владимиров Ю.А., 1999]. Вот так, выбрали одну длину волны из десятков известных (в приложениях 1 и 2 приведены почти 100), два компонента из сотен, что-то якобы «объяснили» (на самом деле, нет), и специалистов по лазерной терапии учат, как им жить.

Более того, авторы недавно сами опровергли результаты своих более ранних работ и очень удивились этому: «Если фотореактивация СОД не имеет места не только в наших модельных экспериментах, но и в живых клетках и тканях, то с чем же тогда связано увеличение супероксидисмутазной активности при действии лазерного и светодиодного облучения?…» [Владимиров Ю.А. и др., 2012]! Их «ответ» на свой же вопрос неубедителен (мягко говоря).

Кстати, за прошедшие почти 20 лет, с тех пор как эти «фотобиологи» узнали про существование лазеров с длиной волны 904 нм (хотя до этого во всём мире уже пару десятилетий активно работали с такими лазерными источниками), ни одного исследования и ни одной публикации за авторством этого коллектива так и не последовало. В это же время лазерная терапия благодаря применению импульсных (это важно на самом деле, а не длина волны) источников света в инфракрасном диапазоне уже вышла на высочайший уровень эффективности. Несмотря на активное противодействие подобных «специалистов». Множество исследований других авторов с применением лазеров с этой длиной волны было проведено в десятках стран мира, и ждать, пока «фотобиологи» разберутся, никто не стал.

Ю.А. Владимиров (1999) также настаивает, что действие липидной пероксидации на фосфолипидный слой мембран хорошо изучено и сводится к нескольким основным эффектам: избирательно увеличивается проницаемость клеточных мембран для ионов $H^+$ и/или OH, увеличивается проницаемость для ионов $Ca^{2+}$, и снижается электрическая стабильность. В результате возрастает внутриклеточная концентрация $Ca^{2+}$ и происходит активизация внутриклеточных процессов в целом.

Но такая цепочка развития событий выглядит более чем странной. Во-первых, как быть с исследованиями, в которых клетки находились в среде, не имеющей свободного внеклеточного кальция? Во-вторых, внутриклеточное высвобождение ионов кальция более эффективно стимулирует митохондриальную НАДФ·Н, чем искусственно созданный приток кальция извне [Rohács T. et al., 1997]. Более того, вообще не существует никакой корреляции между уровнем АТФ в клетках и транспорта извне $Ca^{2+}$ в клетку, активация работы митохондрий осуществляется только за счёт повышения концентрации $Ca^{2+}$ из внутренних депо [Breitbart H. et al., 1990; Singh J.P. et al., 1983]. Но именно с усиленной работы митохондрий, повышения энергетического потенциала живой клетки и начинаются все остальные, вторичные процессы, которые часто называют стимуляцией. Это прямо доказывает, что исходно вся концепция первичности процессов ПОЛ в отношении механизмов БД НИЛИ принципиально неверна, это лишь искусственно созданная нелепая надстройка над уже имеющимися научными фактами.

Действительно, на основании того факта, что блокатор $Ca^{2+}$-кальциевых каналов (верапамил) отменяет эффект воздействия НИЛИ, некоторые авторы делают вывод, что в целой клетке стимуляция экзоцитоза опосредуется через Т-трубочки, которые структурно связаны с мембраной клетки и доходят до

околоядерного пространства [Бондаренко О.Г., 2004]. Но поскольку в представленной работе верапамил отменял *ингибирующее* действие (уменьшение площади и увеличение оптической плотности цитоплазмы эозинофилов периферической крови) импульсного ИК НИЛИ с параметрами, превышающими оптимальные в десятки раз (890 нм, 33 000 Гц, средняя мощность 30 мВт, экспозиция 8 мин), тогда как при относительно стандартных энергетических характеристиках эффекта (изменение площади и плотности) от воздействия лазерного света вообще не наблюдалось. Следовательно, участие $Ca^{2+}$-кальциевых каналов в механизме ответной реакции клетки вполне допустимо в случае своего рода защитной ответной реакции на неадекватное внешнее воздействие, но не в качестве основного механизма БД НИЛИ, предусматривающего активацию клеточной энергетики.

В.М. Чудновский (2002) прямыми экспериментами показал, что НИЛИ приводит к изменению скорости процессов метаболизма, но не вызывает собственно фотохимических процессов, которые могли бы быть связаны с поглощением лазерного излучения, даже при больших энергиях. Действие лазерного света с длиной волны 633 нм (гелий-неоновый лазер) неспецифично в отношении самых различных биологических объектов. Индукция интерферона под действием НИЛИ также неспецифична и по отношению к длинам волн 633, 660, 780, 850 и 890 нм. В приложениях 1 и 2 представлены десятки подобных исследований.

*Мы, разумеется, не отрицаем законы фотобиологии как таковые, они есть и работают. Лишь говорим об особенностях их применения в случае БД НИЛИ, понимая, что изучаемые процессы не являются первичными, как принято рассматривать их в фотобиологии, а достаточно сложный комплекс ответных реакций на неспецифическое воздействие как результат начальных термодинамических сдвигов.*

Объяснению этого важнейшего факта, позволяющего обосновать высокоэффективные методики лазерной терапии, посвящена не только данная глава, но и вся книга.

Нельзя приписать частицам материи
в организме каких-либо новых сил,
которые бы не действовали
и вне организма.

*Э. Дюбуа-Реймон*

## Физические и биофизические основы взаимодействия НИЛИ с биотканями

Несмотря на удивительное разнообразие процессов, происходящих в живом организме, все они в конце концов сводятся к взаимодействию элементарных частиц. В природе в целом, по современным данным, имеется совсем немно-

го типов сил. О четырёх из них – силе тяготения, электромагнитных силах, ядерных силах и слабых взаимодействиях – можно говорить с полной уверенностью. С проявлениями этих четырёх типов сил мы встречаемся, изучая всё то, что происходит в безграничных просторах Вселенной [Григорьев В.И., Мякишев Г.Я., 1973; Фридман Д., ван Ньювенхейзен П., 1979]. В живой материи именно электромагнитные силы играют определяющую роль, и пока неизвестна пятая сила, которая появилась бы в процессе формирования Жизни. Все концепции, при глубоких различиях подходов и взглядов, в конечном итоге основываются на понимании фундаментальности именно электромагнитных взаимодействий. Процессы, происходящие на всех уровнях организации живого организма при поглощении энергии лазерного излучения, – это также электромагнитные взаимодействия, обеспечивающие трансформацию энергии в биологические реакции, которая осуществляется многими путями. Именно в этом кроется причина необычайной многогранности проявляющихся эффектов, которые весьма активно и успешно исследуются.

Изучение физической сущности взаимодействия электромагнитного излучения (в том числе лазерного света) с биологическими системами представляет собой чрезвычайно интересную область исследований, имеющую к тому же высокую естественно-научную и практическую значимость. В первую очередь это касается неразрушающих воздействий НИЛИ на биологические системы, вызывающих заметные функционально-физиологические сдвиги в их жизнедеятельности и лежащих в основе лазерной терапии.

Подавляющее большинство исследователей полагает, что в основе БД НИЛИ лежат процессы энергетического взаимодействия когерентного ЭМИ с атомно-молекулярными структурами биологического вещества, а характерной особенностью последних является конденсированное состояние макромолекул, представляющих собой высококооперативные, пространственно-локализованные стабильные многочастичные системы. В их пределах реализуются совокупность взаимодействий различных типов, начиная от слабых – гидрофобных и ван-дер-ваальсовых, кончая сильными – ион-ионными. Каждый тип взаимодействия порождает группы связанных состояний с присущими им анизотропными свойствами. Поглощение макромолекулой квантов когерентного излучения приводит к резонансному возбуждению определённых мод состояния молекулы, что связано с повышением биохимической реакционной способности в отдельных пространственных участках [Плешанов А.Г., Кузьмичев А.П., 1975]. Такой подход имеет конечной целью поиск первичного звена взаимодействия – специфических или неспецифических акцепторов, современные научные представления в этой области рассмотрены ниже.

В живой клетке содержатся те же элементы Периодической системы, что и в объектах неживой природы. Если рассмотреть элементарные низкомолекулярные соединения, из которых состоит любая клетка – аминокислоты, нуклеотиды, мономеры полисахаридов, коферменты и т. д., то окажется, что это тоже не принципиально новые соединения, используемые только в живых

системах. Наиболее важные низкомолекулярные компоненты клетки – нуклеотиды, порфирины, флавины, хиноны, некоторые аминокислоты, каротиноиды и т. д. – обладают рядом общих свойств: сравнительно низкой энергией электронного возбуждения, низким потенциалом ионизации и высоким сродством к электрону, высокой электронной поляризуемостью. Создаётся впечатление, что все эти активные химические группы изначально предназначены для участия в процессах, требующих переноса электронов [Блюменфельд Л.А., 1977].

С точки зрения термодинамики упорядоченность биологической организации человеческого тела требует столько же энергии, сколько можно получить окислением 900 г глюкозы, т. е. происходит энергетически практически «бесплатно». Упорядоченность живой материи и содержащаяся в ней информация имеют определённый смысл и созданы на каждом уровне организации с конкретной целью [Кастлер Г., 1967]. Последовательность нуклеотидов в однонитчатой структуре может быть любой, но после того как образовалась двунитчатая структура, ситуация резко изменилась. Она приобрела смысл, заключающийся в том, что существует только такая последовательность в двунитчатой стабильной и способной к редубликации молекуле, а другие последовательности невозможны. При незначительных, локальных (например, образование дополнительной связи с небольшой молекулой или ионом) или общих (например, незначительное изменение температуры) возмущениях, недостаточных для перевода молекулы в новое конформационное состояние (т. е. для изменения схемы замыкания вторичных связей, определяющих объёмные взаимодействия), могут сравнительно сильно измениться геометрия, конфигурация молекул. Структуру биополимера может «повести» при изменении температуры или возникновении небольших *локальных* напряжений, чему способствуют возможность поворота вокруг одинарных связей главной цепи, не очень строгие требования, предъявляемые к линейности водородных связей, и т. д. Это свойство биополимерных структур может решительным образом влиять на их функционирование. Для эффективного преобразования энергии необходимо возбуждать такие степени свободы системы, которые медленно обмениваются энергией с тепловыми степенями свободы. Можно предположить, что способность к направленным конформационным изменениям, т. е. к механическому движению под действием локальных возмущений, есть отличительная особенность белковых макромолекул, например, требуемые релаксационные изменения АТФ-синтетазы можно индуцировать светом (фотоперенос электрона на активный центр) [Гудвин Б., 1966; Москвин С.В., 2000(1)]. В данном аспекте чрезвычайно интересным представляется мнение А.Г. Гурвича (1944), полагавшего, что в живых системах в макромолекулярной области понятие структуры нельзя противопоставлять понятию процесса, единственно правильным было бы говорить о структурированных процессах, протекающих в молекулярных комплексах различной степени устойчивости.

При квантовом переходе в возбуждённое состояние под действием света сравнительно тяжёлые пептидные группы не успевают сместиться из своих

равновесных положений (принцип Франка Кондона). В этом случае в коллективном возбуждённом состоянии принимает главное участие только дополнительное взаимодействие первого типа – резонансное. Такие состояния характеризуются равномерным распределением вероятности возбуждения по всей молекуле белка без нарушения периодического распределения пептидных групп вдоль молекулы [Давыдов А.С., 1986].

Многими исследователями вода рассматривается в качестве важнейшего действующего фактора физиотерапевтического воздействия [Улащик В.С., 2002], что вполне вероятно по нескольким причинам. Функционирование белков тесно связано не только с характером их конформаций, но и конформационной подвижностью, зависящей от присутствия воды. Вследствие гидрофобных взаимодействий вода существует не только как объёмная фаза свободного растворителя, но также в связанном виде. Состояние связанной воды зависит от природы и локализации белковых групп, с которыми она взаимодействует. Время жизни слабосвязанных молекул воды в такой гидратной оболочке невелико ($t \approx 10^{-11} – 10^{-12}$ с), но около центра оно намного больше ($t \approx 10^{-6}$ с). В целом около поверхности белка может удерживаться до 2–3 слоёв воды. Небольшие изменения в количестве и состоянии относительно небольшой фракции молекул воды, образующих гидратный слой макромолекулы, резко изменяет термодинамические и релаксационные параметры раствора в целом [Рубин А.Б., 1987].

При поглощении лазерного излучения биотканями в связи с их оптической неоднородностью возникают локальные изменения температуры, и создаётся неравновесность для процессов диффузии, так как время температурной релаксации на два порядка меньше времени диффузии ионов в воде. В результате в околомембранных областях происходят изменения электрического потенциала на мембране и деформация клеточных мембран, что приводит к термодиффузионному оттоку ионов $K^+$ и $Na^{2+}$ от мембраны, увеличивая, в частности, дебаевскую длину экранирования мембранного потенциала. Это, в свою очередь, приводит к раскрытию белковых каналов, обусловливающих активный транспорт ионов и полярных молекул, усилению процесса эндоцитоза. В результате изменения электрохимического ионного баланса увеличивается энергетический потенциал клетки, запасаемый в градиенте концентрации $Na^+$ [Каплан М.А. и др., 1989; Степанов В.А. и др., 1990]. Свой вклад вносит и изменение показателя преломления водной среды (см. выше) [Скопинов С.А., Яковлева С.В., 1987].

Следствием фотоиндуцированного «ведения» макромолекул является, с одной стороны, изменение структуры околомолекулярной воды – переход её в жидкую фазу, с другой – высвобождение $Ca^{2+}$ из внутриклеточных кальциевых депо, повышение концентрация $Ca^{2+}$ в пределах некоторой области с дальнейшим возникновением волн распространения в цитозоле клетки [Москвин С.В., 2003, 2008(2); Alexandratou E. et al., 2002]. Всё говорит о том, что сама пространственно-временна́я организация структуры живой клетки,

независимо от её типа, обеспечивает данный колебательный механизм, запуская таким образом различные фундаментальные процессы саморегуляции.

При этом надо понимать, что если реагирование биологической системы начинается в отдельных клетках и их совокупностях, то заканчивается уже откликом ВНС и ЦНС [Скупченко В.В., 1990], а может быть, и на более высоком уровне. Е.И. Нефёдов с соавт. (1995), например, рассматривают взаимодействие различных физических полей в рамках развития единой теории информационного поля ноосферы. Так называется сложная материальная субстанция, характеризующаяся глобальностью, многомерностью, коммуникационными качествами, отличающаяся многовариантностью материальных носителей и динамизмом их перевоплощений, развивающаяся синхронно с эволюционными процессами, сопутствующими деятельности человека [Нефёдов Е.И. и др., 1995]. Мы не будем рассматривать столь сложные и тонкие теории, ограничимся лишь известными механизмами физиологической регуляции, которые сами по себе ещё не изучены в достаточной степени, что накладывает свой отпечаток на нерешённость некоторых вопросов взаимодействия НИЛИ на уровне организма человека в целом.

С точки зрения методологии регулирования биологических ритмов человека также имеет глубочайший смысл рассматривать не только взаимодействие с непосредственно действующим лечебным фактором (НИЛИ в нашем случае), но в тесной взаимосвязи с внешним влиянием окружающей среды в целом, так сказать, «электромагнитным фоном», на котором происходит основное действие. Дело в том, что живой организм является чрезвычайно чувствительной системой, использующей вплоть до уровня энергетического метаболизма клетки энергию внешней среды различных количественных уровней. Внешние электромагнитные поля в интересующем нас аспекте можно вполне корректно представить лишь энергетическими носителями «информации» в рамках концепции ноосферы, поэтому достаточно часто в литературе рассматривают именно «информационную» часть этих полей при взаимодействии с живыми объектами. На самом минимальном уровне мощностей (порядка $10^{-12}$ Вт) стоит «информационный» тип взаимодействия живого организма с внешней средой, когда осуществляется не прямое влияние энергии как таковой по механизмам энергетического обмена, а через пространственно-временные и частотные свойства воздействующего фактора [Москвин С.В., 2000(1)]. Работу подобной системы предположительно и обеспечивает процесс синхронизации внутренних ритмов живого организма с ритмами внешней среды [Проблемы пространства…, 1991], другими словами, такое возможно только в случае сложноорганизованной многочастотной модуляции ЭМИ ритмами, соответствующими биоритмам живого организма.

В 4-й части книги объясняется, почему термин «информационный» в рассматриваемом аспекте мы вынуждены ставить в кавычки. Он настолько часто используется разного рода шарлатанами и мошенниками, что произносить его стало уже как-то неприлично, поскольку почти изменил свой первоначальный

смысл. Определить истину в этом направлении науки и практики (многочастотное биологически значимое воздействие ЭМИ) – задача непростая, мы вернёмся к этому вопросу в заключительной части книги.

> Понять какое-нибудь жизненное
> проявление – это значит объединить
> в возможно простой формуле
> наибольшую совокупность
> отдельных фактов, из которых
> оно складывается.
>
> *А.Г. Гурвич*

## *Первичный механизм биологического действия НИЛИ (обзор литературы)*

В первую очередь необходимо уточнить, что вообще подразумевается под этим термином и что означает наше понимание изучаемых процессов. Например, когда кто-то утверждает, что он понимает химические свойства бензола, это разве возможность для него пройти логический путь от основных постулатов квантовой механики, электродинамики и статистической физики до объяснения реакционной способности и других химических характеристик относительно несложного образования, состоящего из 6 ядер углерода, 6 протонов и 42 электронов, пространственно организованных в молекулу бензола? Так никто не делает, однако не возникает сомнений в том, что при решении данного вопроса нет необходимости введения новых принципиальных физических постулатов, не вытекающих из сравнительно небольшого числа уже имеющихся. Следует также подчеркнуть, что путь от основных постулатов до частных объяснений в большинстве случаев проходить не только не нужно, но и вредно, достаточно разложить процесс на основные этапы и изучать при необходимости детали каждого из них [Москвин С.В., 2000(1)].

Признание фактов, свидетельствующих о триггерном процессе многократного усиления первично поглощённой сверхмалой энергии и очевидной неспецифичности запускаемой ответной реакции живого организма на внешнее воздействие, позволило сделать предположение о двухфазном характере биологического действия НИЛИ достаточно давно [Соколовский В.В., 1985]. Сегодня, уже основываясь на значительно большем объёме научных материалов, мы можем с полной уверенностью утверждать, что принципиально необходимо разделить изучаемые процессы на две независимые части: первичный (единый для всех) и различные многочисленные вторичные процессы. Такое разделение необходимо, в первую очередь, для решения многочисленных вопросов, связанных с оптимизацией параметров эффективной ЛТ.

Строго говоря, само понятие «механизм» неразрывно связано и имеет смысл только со словом «первичный», поскольку исключительно на первом

этапе присутствуют как лазерный свет, так и живой объект, и только в данном случае мы вообще можем говорить о процессе взаимодействия как таковом. Подразумевается также отсутствие в изучаемом процессе посредников между действующим фактором и конечным результатом. Вторичное же развитие ответных реакций организма – лишь эффекты последействия, естественные процессы регулирования биологических процессов и поддержания гомеостаза, изучение которых больше относится к общебиологическим и медицинским задачам. Но они являются конечными результатами, итогами, по которым, собственно, и оценивается эффективность лечебного действия НИЛИ.

В данной главе мы рассмотрим только первичный механизм, понимание которого крайне необходимо для оптимизации параметров воздействия, определяющих максимальную эффективность лазерной терапии.

Выдвигалось достаточно много гипотез, и почти все они развивались в трёх основных направлениях:

- изучение процесса с позиции фотобиологии, поиск специфических или неспецифических акцепторов, спектра действия и т. д.;
- ошибочное восприятие вторичных процессов последействия в качестве первичного механизма;
- объяснение первичного механизма как «резонансное», «информационное» или иное взаимодействие, не связанное вообще с поглощением энергии, либо как процесс воздействия НИЛИ на некую, не признаваемую современной наукой субстанцию (например, биополе).

Кроме того, имеется множество абстрактных рассуждений и откровенных спекуляций на магическом слове «лазер», которые мы упомянем без подробностей исключительно ради полноты картины, детальнее ознакомиться с «концепциями» можно в первоисточниках, на которые даны исчерпывающие ссылки. Все они отвергнуты в силу хотя бы очевидного противоречия результатам клинической практики. Рекомендации, сделанные на основе подобных теоретических моделей и экспериментов, не реализуются в медицинские методики, они не «работают» при попытке их применения для решения сугубо практических задач. Мы же исходим из простой и общеизвестной сентенции: практика – критерий истины.

Немаловажен тот факт, что большинство заблуждений было объективно обусловлено наличием в руках исследователей в течение длительного времени единственного лазера – гелий-неонового (ГНЛ). Например, логика поиска акцепторов исходила из того предположения, что их спектр поглощения (он же спектр действия) должен находиться близко к длине волны излучения этого лазерного источника (633 нм), хотя позднее выяснилось, что практически на всех длинах волн в большей или меньшей степени наблюдается искомый эффект. Об этом подробнее во второй части книги. Самоограничение при выборе источника лазерного света привело фотобиологов в тупик, из которого так и не нашлось выхода в рамках изначально выбранной неверной концепции. Яркий пример мы приводили выше.

Итак, рассмотрим вначале предложенные ранее гипотезы, большинство из которых давно уже отвергнуты или переосмыслены в рамках новых научных данных. Некоторые заблуждения ещё продолжают существовать благодаря своим авторам, не желающим признавать очевидное. Впрочем, время всё расставит по своим местам.

### *«Фотобиологические» модели*

Ещё раз вернёмся к вопросу: *«Является ли биологическое действие НИЛИ фотобиологическим процессом?»* На первый взгляд, об этом мы говорили выше – конечно, является. Ведь если есть оптическое излучение, лазерный свет, поток фотонов, то налицо соответствие первой части слова (*фото-*). Есть и биологические структуры, с которыми происходит взаимодействие. Тогда в чём же проблема? А заключается она в том, что имеющие место закономерности лазериндуцированных эффектов значительно отличаются от тех, что известны в классической фотобиологии, например, нелинейный характер энергетической зависимости и отсутствие спектра действия. У некоторой части стереотипно и узко мыслящих исследователей такое заявление вызывает возмущение и раздражение: «Как же так, если имеет место фотобиологический эффект, то обязательно должен быть и спектр действия?!» Действительно, если бы мы имели дело с *фотобиологическим* явлением, то так и должно было бы быть, однако в случае с БД НИЛИ всё происходит принципиально иначе.

В классической фотобиологии, рассматривающей специфическое действие света – фотохимические реакции, фотосинтез, зрение и др., – изучаются процессы взаимодействия пары «акцептор–фотон», обеспечивающие конечный результат. Для каждого фотоиндуцированного процесса необходимо найти свой акцептор (поглотитель) фотонов света с заданной энергией (длиной волны) или спектр действия [Смит К., Хэнеуолт Ф., 1972].

Для наглядности обратимся к классическому примеру фотобиологического эффекта – наше зрение, которое существует благодаря конформационным преобразованиям под действием света специализированных белков, спектр поглощения которых и определяет спектр действия. У человека, например, это достаточно узкий диапазон – 400–750 нм, на других длинах волн подобного не происходит, мы не видим в УФ- и ИК-областях. Обнаружив и изучив фотобиологический отклик первичного элемента, практически всегда можно прогнозировать процессы, развивающиеся в дальнейшем. Такой подход обычно и используется фотобиологами. Поскольку изучением лазериндуцированных процессов стали вначале заниматься эти специалисты, то на роль «акцепторов» ими было выдвинуто достаточно много кандидатов.

Однако со временем стало ясно, что автоматический перенос «акцепторной» фотобиологической модели на исследование БД НИЛИ не может сколь-нибудь удовлетворительно объяснить имеющиеся экспериментальные и клинические данные. В первую очередь это касается ответа на вопрос, по-

чему инициированные лазерным излучением эффекты наблюдаются во всех спектральных диапазонах (об этом подробно в отдельном разделе второй части книги «Выбор оптимальной длины волны лазерного света»). Из множества обнаруженных внутриклеточных компонентов исследователи никак не могли выбрать один-единственный и были вынуждены заниматься бесконечным поиском акцептора для каждой длины волны НИЛИ, предлагая различные варианты механизмов фотобиологического действия. Другими словами, для каждого спектрального диапазона свои акцепторы и свои фотобиологические механизмы? Но это абсурд! Становилось всё более очевидным, что необходимо подойти к рассмотрению данного вопроса с принципиально других позиций, в том числе и в методологическом плане. Пусковой механизм индуцированных НИЛИ биологических реакций очевидно един, неспецифичен и обусловлен самой универсальностью механизмов поддержания и регулирования гомеостаза [Москвин С.В., 2008, 2010].

По мере продвижения в понимании истинного первичного механизма, обеспечивающего взаимодействие НИЛИ с внутриклеточными компонентами, всё более очевидным становился тот факт, что у БД НИЛИ с фотобиологией ничего общего, кроме этимологии. В обоих случаях происходит воздействие ЭМИ оптического диапазона на биологические объекты, однако взгляды на *первичный* механизм, как основа происходящих в дальнейшем процессов, принципиально различаются. Но понимание истины чрезвычайно важно, в первую очередь (не устаём повторять), для обоснования максимально эффективных методик лазерной терапии.

Какую же спектральную зависимость взаимодействия НИЛИ с биологическими объектами мы имеем? Отвечаем на этот вопрос – непрерывную и чрезвычайно широкую, практически совпадающую со спектром поглощения биологических тканей или монослоя культуры клеток (в зависимости от экспериментальной модели) – см. рис. 2.9 во 2-й части книги и Приложения 1 и 2. Но такая спектральная зависимость не может быть отнесена к спектру поглощения какого-либо одного субстрата (молекулы, макромолекулы или клеточной структуры), равно как и нет зависимости от специфичности биологической модели, т. е. спектр биологического действия НИЛИ отсутствует. В этом и заключается смысл наших представлений по данному вопросу.

Критики такой точки зрения в первую очередь ссылаются на известные и часто цитируемые работы [Кару Т.Й. и др., 1983; Karu T.I., 1989], в которых представлены спектры действия для некоторых промежуточных этапов клеточного цикла культуры *E. coli*: адгезия, синтез РНК и синтез ДНК (рис. 1.21). *Подчеркнём также*, что получены они не для лазерного света, а выделением определённых полос из широкого спектра ламп (шириной 14–20 нм) при помощи монохроматора. При этом авторы называют в своих работах такой свет «монохроматическим», хотя, на наш взгляд, более корректно всё-таки говорить о «квазимохроматическом» излучении, так ближе к истине и не создаёт путаницы в отношении светового источника.

Однако рекомендованные на основе этих работ «спектры действия», диапазоны длин волн, потенциально оптимальные для лазерной терапии (614–624, 668–684, 751–772 и 813–846 нм) [Karu T.I., Kolyakov S.F., 2005] не имеют ничего общего с мировым опытом применения метода в клинической практике, где используются лазеры с совершенно другими длинами волн. И этот, уже достаточно очевидный факт, признают даже зарубежные коллеги [Hamblin M.R., Demidova T.N., 2006; Smith K.C., 2010].

Интересно, что основываясь на представленных «спектрах действия», авторы для разных клеток и спектральных диапазонов предлагают каждый раз свои «акцепторы». Для *E. coli* – это оксидазы *bd* и *bo* [Афанасьева Н.И. и др., 1995], а для HeLa в ближнем ИК-диапазоне – цитохром-*c*-оксидаза [Кару Т.Й., Афанасьева Н.И., 1995] или НАДФ·Н-оксидаза [Lubart R. et al., 2000], для длины волны 633 нм – уже цитохром $a/a_3$ или сингетный кислород $^1O_2$ [Karu T. et al., 1995(1)]. Если перебрать в таком духе множество разных типов клеток, то получим справочник по клеточной биохимии.

И те ли это спектры, о которых мы говорим, подразумевая, что БД НИЛИ не промежуточные стадии, а именно некий *законченный* процесс? Анализ представленных гра-

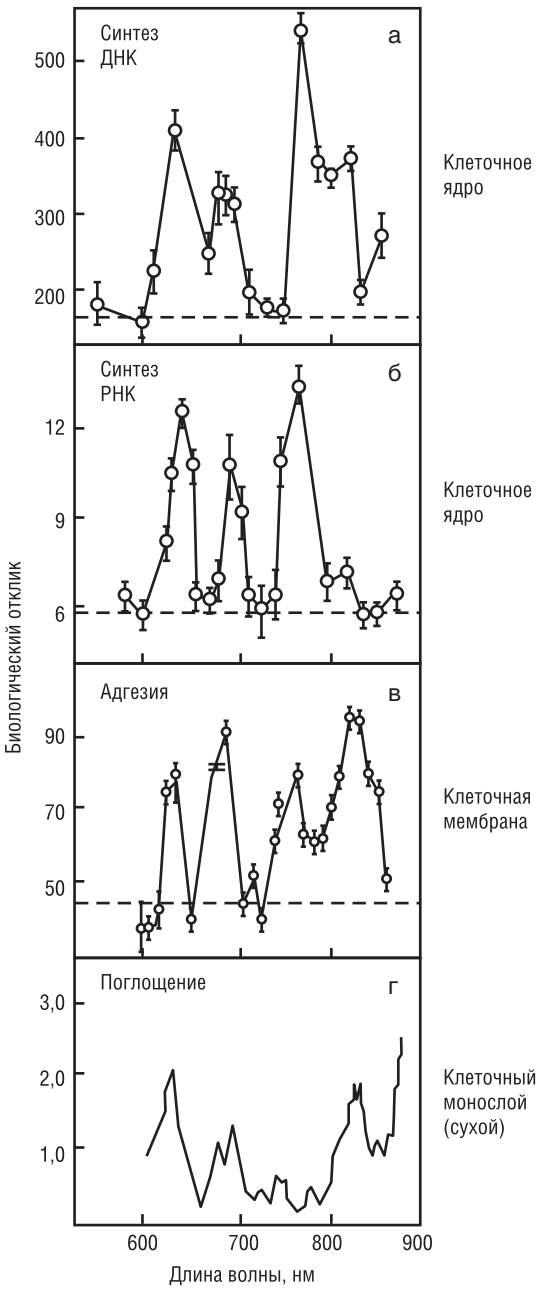



*Рис. 1.21.* Спектр действия для различных биологических эффектов, клетки HeLa, оптимальная ЭП – 0,01 Дж/см$^2$ (Кару Т.Й., 2005; Кару Т.Й. и др., 1993, 1998; Karu T.I. et al., 1984, 1984(1), 1996)

фиков показывает, что НИЛИ в разной степени является стимулирующим для различных промежуточных этапов деления клетки. Если же рассмотреть законченный процесс деления (конечный биологический эффект) как некую сумму основных этапов клеточного цикла, то мы обнаружим, что итоговый результат до погрешностей экспериментов удивительным образом совпадает со спектром поглощения самих клеток. Отсутствие стимуляции одного из промежуточных процессов на определённой длине волны компенсируется активацией других, в конечном итоге приводя к общей стимуляции скорости деления клеток, синтеза белка и пр.

Из этого следует, что эффект от воздействия НИЛИ должен быть пропорционален степени поглощения излучения для данного биологического объекта в целом, независимо от типа внутриклеточного компонента, поглотившего световую энергию. Опять получается так, что мы имеем дело не с фотобиологическим действием, а термодинамическим, поскольку важным является не конкретный объект, а сам факт поглощения, т. е. не имеет значения, что именно поглощает, лишь бы это происходило в достаточной степени. Биологическое действие НИЛИ вызывается возникающим при поглощении монохроматичного лазерного света градиентом температуры, различия же локальных проявлений клеточного цикла, скорее всего, обусловлены пространственной неравномерностью спектров поглощения, следовательно, активацией различных депо, из которых высвобождаются $Ca^{2+}$ (подробнее об этом в следующей главе), соответственно, превалированием стимулирующего действия тех или иных внутриклеточных процессов (как известно, все вышеперечисленные этапы клеточного цикла являются $Ca^{2+}$-зависимыми).

Во время возбуждения электронных состояний заметная часть энергии возбуждения неизбежно превращается в тепло, что вызывает локальное и переходящее увеличение температуры абсорбирующих хромофоров [Letokhov V.S., 1991]. Любое значительное, распределённое во времени и пространстве нагревание объектов в целом может быть предотвращено с помощью соответствующего теплового контроля. Тем не менее существует возможность локализованного переходящего нагрева абсорбирующих хромофоров**.** Локальное кратковременное повышение температуры поглощающих биомолекул может вызывать структурные (возможно, конформационные) изменения, запускать вторичные, или «темновые» реакции, различные биохимические процессы, активацию или ингибирование ферментов. Эксперименты с клетками *E. coli* и HeLa показали, что при воздействии НИЛИ в виде ультракоротких (фемтосекундных) импульсов такой локальный кратковременно возникающий температурный градиент может в большей степени оказывать влияние на биологический отклик клеток [Karu T. et al., 1991, Karu T., 1992].

Время релаксации термодинамического процесса очень мало – около $10^{-13}$ с, но этого вполне достаточно для весьма значительных сдвигов как в группе акцепторов непосредственно, так и в окружающих областях, что приводит к существенным изменениям свойств молекул и является пусковым моментом

индуцированной лазерным излучением реакции. Подчеркнём ещё раз: в качестве акцептора может выступать *любой* внутриклеточный компонент, имеющий полосу поглощения для данной длины волны. То есть начальным пусковым моментом биологического действия НИЛИ является не фотобиологическая реакция, а возникновение локального градиента температуры. Этот принципиально важный момент свидетельствует в пользу предложенной Ю.П. Чуковой (2002) модели механизма слабых взаимодействий с позиции термодинамики, вполне убедительно объясняющей наличие оптимума эффективности в области малых энергий внешнего воздействия и нелинейность конечного результата.

В связи с этим представляют интерес данные A. Lipovsky с соавт. (2009), показывающие нелинейный характер изменения температуры культуры клеток *Staphylococcus aureus* в процессе освечивания широкополосным светом (400–800 нм, 300 мВт/см$^2$) в течение 10 мин. После 3 мин освечивания температура даже снижается, хотя энергия поглощается, через 5 мин наблюдается её резкое повышение с небольшим снижением за этим, и линейный рост в дальнейшем (рис. 1.22). То есть биологическая система ведёт себя резко нелинейно, нарушается (якобы) закон сохранения энергии, ведь при нагреве любого неживого объекта его температура будет расти прямо пропорционально поглощённой энергии, но тут мы видим совершенно иную картину. Аналогично O. Kemmotsu с соавт. (1991) связали максимальный обезболивающий эффект у больных с постгерпетической невралгией после 5-минутного воздействия непрерывным ИК НИЛИ с синхронным увеличением локальной температуры на 2–3%. Нелинейный характер этих зависимостей, вне всяких сомнений, свидетельствует об ответной реакции организма на внешнее физическое поле.

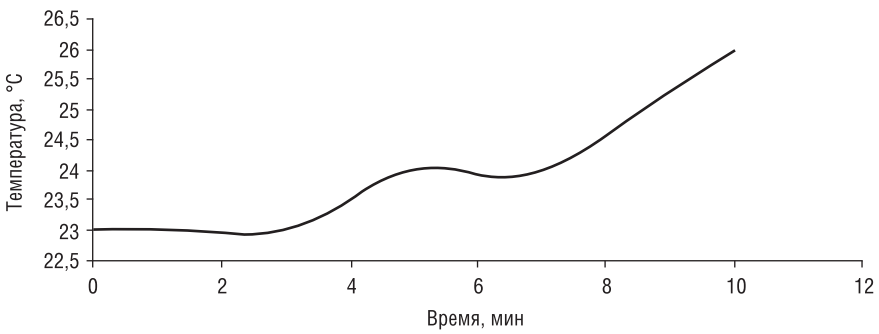



*Рис. 1.22.* Изменение температуры суспензии культуры клеток *Staphylococcus aureus* в процессе освечивания (400–800 нм, 300 мВт/см$^2$) (Lipovsky A. et al., 2009)

Анализ данных многих других биологических закономерностей требует куда более глубокого теоретического и практического обоснования. Критики будут правы, утверждая, что для достоверности сделанных нами выводов необходимо провести прямой эксперимент. Тем более что исследования

влияния НИЛИ на стимуляцию деления клеток (к сожалению, всего на нескольких длинах волн), сделанные О.А. Тифловой и Т.Й. Кару (1987, 1987[(1)], 1989), не дают однозначного ответа на поставленный вопрос о корреляции между спектром поглощения культуры клеток и достигаемым результатам, хотя J. Tribble с соавт. (1992) прямо связывают повышенную эффективность световой стимуляции *E. coli* с особенностями спектра поглощения суспензии клеток.

Аналогичных исследований для других моделей и десятков различных длин волн НИЛИ было проведено так много, что можно смело утверждать – *не обнаружено ни одной длины волны,* на которой в той или иной степени не было бы стимулирующего эффекта (разумеется, если происходит сам факт поглощения). Об этом подробно говорится во 2-й части книги и приложениях 1 и 2. Однако до сих пор никто не соотнёс эффект со степенью поглощения биоткани и последующим развитием *физиологических* процессов (возникновения волн повышенной концентрации $Ca^{2+}$), поскольку все занимались поиском «первичного акцептора», подразумевая фотобиологический эффект, т. е. изучали статичную модель. Это и явилось принципиальной методологической ошибкой, заведшей исследователей в тупик.

По мнению Т.Й. Кару (2000), первичные механизмы БД НИЛИ на клеточном уровне начинаются с активации работы митохондрий и усиленного высвобождения АТФ вследствие (как вариант) фотовозбуждения определённых центров в молекуле цитохром-*c*-оксидазы эукариотических клеток (например, $Cu_A$ и $Cu_B$) или в цитохромных комплексах *bd* и *bo*, что в целом влияет на редокс-состояние этих центров и на скорость передачи электронов в молекуле [Кару Т.Й., 2000; Karu T.I., 1989, 2008]. Действительно, во многих работах показано, что митохондрии чувствительны к освечиванию их монохроматическим и квазимонохроматическим светом видимого и ближнего инфракрасного (ИК) диапазонов. Так, свет с длинами волн 405 нм [Векшин Н.А., 1991], 415 нм [Kato M. et al., 1981], 436 нм [Векшин Н.А., 1991], 602 нм [Векшин Н.А., Миронов Г.П., 1982], 633 нм [Зубкова С.Н., Крылов О.А., 1976; Passarella S. et al., 1984], 650 и 725 нм [Gordon S.A., Surrey K., 1960] увеличивает синтез АТФ в выделенных митохондриях, но такое многообразие эффективных длин волн однозначно свидетельствует о неспецифичности влиянии света на данный процесс. Непонятно, будут ли эффекты более выражены для клеток, имеющих больше митохондрий, и как, с другой стороны, объяснить усиление анаэробного гликолиза без их участия [Rigau J., 2006], а также что делать с теми клетками, у которых нет митохондрий (эритроциты), а лазериндуцированные эффекты наблюдаются? (Эти темы подробно рассматриваются в следующей главе и 2-й части книги).

Давно пора было обратить внимание на то обстоятельство, что увеличение редокс-потенциала митохондрий является $Ca^{2+}$-зависимым процессом, а не наоборот [Filippin L. et al., 2003], т. е. важна прежде всего временна́я последовательность развития событий после поглощения энергии света. Ак-

тивация работы митохондрий связана не с прямым воздействием света, как предполагает, например, Т.Й. Кару (2000), на цитохромы, а опосредованно, через $Ca^{2+}$-зависимый рост редокс-потенциала митохондриальных мембран.

Также необходимо разобраться с принципиальным вопросом об источнике ионов кальция, за счёт чего возникают волны повышенной концентрации $Ca^{2+}$ в цитозоле клетки. Мнение Ю.А. Владимирова (1999), главного идеолога «фотобиологической» модели БД НИЛИ, о поступлении ионов кальция через клеточные мембраны после активации специфических рецепторов, т. е. из внешнего источника, ошибочно. Во-первых, не существует никакой корреляции между уровнем АТФ в клетках и транспортом извне $Ca^{2+}$ в клетку, активация работы митохондрий осуществляется только за счёт повышения концентрации $Ca^{2+}$ из внутренних депо [Breitbart H. et al., 1990; Singh J.P. et al., 1983]. Во-вторых, удаление $Ca^{2+}$ из сыворотки не задерживает увеличение концентрации ионов кальция и анафазу клеточного цикла (фибробласты) [Tombes R.M., Borisy G.G., 1989], т. е. активация клеточной пролиферации под действием НИЛИ вообще никак не связана с внеклеточным кальцием, мембранами, специфически зависимыми насосами и пр. В-третьих, НИЛИ оказывает биологическое действие *in vitro* в инертной внешней среде. Необходимо признать совершенно очевидный факт – активация синтеза АТФ и других внутриклеточных процессов происходит *только* за счёт внутренних источников ионов кальция. Тем не менее откровенное заблуждение по поводу якобы имеющей место ведущей роли увеличения проницаемости мембран под действием НИЛИ для $Ca^{2+}$ перепечатывается в ссылках с удивительной стабильностью. Впрочем, без каких-либо выводов и последствий, исключительно чтобы сослаться на «авторитет», не вдаваясь в подробности. Подобный поверхностный подход не вредит методологии лазерной терапии, что уже хорошо.

Т.Й. Кару, на работы которой мы (и не только) так часто ссылаемся, – удивительный человек и учёный, мне посчастливилось с ней достаточно много общаться, даже провести небольшое совместное исследование. Её вклад в изучение механизмов БД НИЛИ сложно переоценить, он огромен, и можно без преувеличения сказать, что в этой области науки под её руководством сделано больше, чем всеми остальными исследователями, вместе взятыми. На этом фоне особенно поражает расточительность фантастически интересными результатами экспериментов, интерпретация которых зачастую совершенно неверная в угоду раз и навсегда принятой когда-то модели. В итоге ценность работ нивелируется, что отрицательным образом сказывается на конечном результате, объяснении первичного механизма БД НИЛИ. Выводы и следствия для практики из этих исследований, сделанные нами, порой принципиально отличаются от трактовки авторов, что мы неоднократно обсуждали с Тийной Йоханнесовной, надеюсь, продолжим и далее. Не сомневаюсь, когда-нибудь наши точки зрения на проблему предельно сблизятся.

Рассмотрим другие примеры «фотобиологических» моделей. Одной из часто упоминаемых является представление в качестве первичного акцептора мо-

лекулярного кислорода, растворённого в цитозоле клетки [Захаров С.Д. и др., 1989(1)]. Было высказано предположение, что кислород под действием НИЛИ якобы переходит в активную синглетную форму и запускает каскад ответных реакций. При этом все эксперименты в обоснование данной гипотезы были выполнены на модели изменения деформируемости мембран эритроцитов *in vitro* [Захаров С.Д., Иванов А.В., 2006].

Сразу возникает множество вопросов к авторам. Как быть с другими типами клеток или другими клеточными компонентами, что происходит с ними? Ограничивать все эффекты БД НИЛИ только эритроцитарной мембраной некорректно, хотя они и показаны, выявленных закономерностей в совершенно разных моделях великое множество (см. приложения 1 и 2). Хотелось бы получить убедительное объяснение если не всех, то большинства из известных фактов, а также понять, почему эффекты наблюдаются для НИЛИ, отличного по спектру от кривой поглощения атомарного кислорода? Причём известны около 100 таких длин волн, на которых получен биологически значимый эффект лазерного воздействия (и наверняка представлены не все исследования), тогда как D.P. Valenzeno и M. Tarr (2000) даже теоретическую возможность активации синглетного кислорода вообще ограничивают строго только одной длиной волны – 1270 нм. Это подтверждают исследования А.А. Красновского и Я.В. Румбаль (2009), не получивших прямого возбуждения растворённого кислорода в воде для красного спектра (633 нм), а только на длине волны 1270 нм при увеличении мощности до 700 мВт, поскольку даже на этой, наиболее эффективной длине волны поглощается лишь 0,0001% падающей энергии.

Кстати, спектр поглощения атомарного кислорода в водном растворе вообще неизвестен, авторы ссылаются на соответствующую зависимость для газовой фазы или раствора во фреоне [Захаров С.Д., Иванов А.В., 2006]. Сами они проблему осознают, но попытки как-то объясниться вызывают ещё больше вопросов: «Хотя такой спектр в биологических объектах прямым способом пока не измерен из-за сильного поглощения водой, но по положению и ширине полос он не может сильно отличаться от спектра поглощения газообразного кислорода» [Алексеев Ю.В. и др., 2012]. Если не удаётся *даже измерить* спектр из-за «сильного поглощения водой», тогда как же столь ослабленный свет может переводить молекулярный кислород в синглетное состояние?! Кроме того, общеизвестно, что атомарный спектр никогда не соответствует полосам поглощения в растворе или в другой системе, *обязательно* происходит его расширение и сдвиг [Вилков Л.В., Пентин Ю.А., 1987].

Нет ответа и на вопрос, за счёт чего и какими путями реализуется эффект, что происходит после того, как в живой клетке якобы образовался синглетный кислород (где точно неизвестно, кстати). Имеются лишь малоубедительные версии. Вторичные эффекты последействия не только не изучались в эксперименте, но даже нет более или менее правдоподобного теоретического объяснения *возможных* путей развития вторичных процессов. Авторы идеи

сами же пишут о том, что «за весь интервал облучения генерируется в среднем ~ 100 молекул $^1O_2$ на клетку. Однако учитывая, что средняя длина пробега $^1O_2$ в водном растворе составляет ~ 300 Å, большая часть генерируемого внутри клетки $^1O_2$ не достигает эритроцитарной мембраны. На мембрану приходится лишь несколько молекул синглетного кислорода…». Они согласны с тем, что прямого действия $^1O_2$ не может быть в принципе. Но тут начинаются уж совсем откровенные фантазии, будто бы процессы развиваются по следующему сценарию: «микроудар – мартенситный переход – спонтанный рост в метастабильной матрице» [Захаров С.Д. и др., 1989]. Этот пассаж комментировать вообще нет смысла, ясно только одно: первичный процесс в такой модели маловероятен и достоверно не показан.

Несколько слов про синглетный кислород из области общих знаний. Действительно, одна из его форм ($^1\Delta$) обладает достаточно большим временем жизни в растворе ($10^{-5}$ с) и высокой химической активностью (в отличие от неактивного состояния $^1\Sigma$ с временем жизни порядка $10^{-10}$ с). Однако реакции, имеющие место в связи с $O_2(^1\Delta)$, рассматриваются всеми авторами исключительно в рамках фотодинамического процесса, когда происходит не прямое возбуждение светом кислорода в основном (триплетном) состоянии, а только через активацию посредника, фотосенсибилизатора, инициирующего высвобождение $O_2(^1\Delta)$ в нужной концентрации [Шинкаренко Н.В., Алесковский В.Б., 1982]. Непосредственное поглощение излучения в области 762 нм нормальным кислородом приводит к образованию синглетного кислорода $O_2(^1\Sigma)$, который быстро дезактивируется до $^1\Delta$ состояния, а при 1270 нм происходит даже прямое образование $O_2(^1\Delta)$. Но поскольку эти переходы являются формально запрещёнными, то вклад синглетного кислорода, полученного вследствие прямого возбуждения светом, в общую химическую активность системы пренебрежимо мал [Coomber J.W., Pitts J.N., 1970]. Даже самый современный высокочувствительный метод быстродействующей люминесценции не позволяет обнаружить ощутимое количество синглетного кислорода в процессе фотодиссоциации кислорода из гемоглобина и миоглобина после освечивания в ближней инфракрасной области [Lepeshkevich S.V. et al., 2013]. И это замечательно, поскольку известно, что он обладает выраженным мутагенным и токсическим действием [Piette J., 1990]. Из всего вышесказанного прямо следует, что нет никакого синглетного кислорода, принимающего участие в первичном механизме БД НИЛИ, а все косвенные опыты и рассуждения С.Д. Захарова с соавт. (1989, 2006) не имеют с реальными лазериндуцированными процессами ничего общего.

Несмотря на приведённые выше аргументы и практически для всех уже очевидную несостоятельность данной модели, работы, «развивающие» концепцию, продолжают публиковаться, приводя просто абсурдную цепочку предполагаемого развития событий. Излагается ничем не подтверждаемая идея, будто бы после поглощения молекулярным кислородом лазерного света развиваются вторичные процессы, вызываемые «колоссальными возмущени-

ями магнитного поля в ближайшем водном окружении, почти в миллионы раз большими, чем может быть достигнуто современной техникой» [Захаров С.Д. и др., 2006]. Эти «магнитные возмущения», по мнению авторов, «запоминаются» мембранами и «передаются от клетки к клетке»! Никакие измерения при этом не приводятся, и чем обоснованы подобные заявления, непонятно. Зато теперь стало ясно, почему в физиотерапевтических отделениях кушетки деревянные, – иначе пациенты после сеанса лазерной терапии примагнитились бы к железным кроватям и не смогли бы встать. И подобный бред печатает *научно-практический* журнал?!

В статье С.Д. Захарова с соавт. (2006) также делаются более чем странные выводы в отношении лазерной терапии в целом. Авторы настаивают, что на других длинах волн, которые не приведены в их работе, эффектов не должно быть. К примеру, инфракрасные лазеры с длиной волны 890–904 нм наиболее распространены в практической медицине, но в этом диапазоне молекулярный кислород не поглощает свет, значит, и не должно быть биологического (клинического) эффекта. Многолетний же практический опыт тысяч врачей, результаты многочисленных исследований не интересуют авторов статьи. Получается, что если практика не подтверждает теорию, то … тем хуже для практики? Из таблиц приложений 1 и 2 видно, что эффективных длин волн в десятки раз больше, чем упомянутых авторами идеи.

Хотя заключительная фраза в этой работе объясняет многое, если не всё: «Лечение лазером – обоюдоострое оружие думающего и наблюдательного терапевта, и безусловно, отнесение его к арсеналу физиотерапии не может быть признано целесообразным» [Захаров С.Д. и др., 2006]. Вот так! Физиотерапевтов они не считают «думающими и наблюдательными», а лазерную терапию, судя по определению *одного из методов физиотерапии*, уже не относят к ней! Комментарии вроде бы излишни, но всё-таки представьте себе, что если бы в каком-нибудь специализированном *хирургическом* журнале написали: *«поскольку скальпель острый, его нельзя доверять хирургам»,* чтобы вы подумали об авторах этих строк? А также о главном редакторе журнала, который *настоял* на публикации подобной ахинеи (извините, но трудно подобрать более корректное слово), несмотря на активные возражения некоторых членов редколлегии?

Этот пример наглядно показывает, к чему может привести игнорирование объективной реальности и результатов практического опыта. Любая теория просто обязана подтверждаться практикой и находить удовлетворительное объяснение известных фактов. Совершенно очевидно и даже банально.

В связи с критикой некоторых концепций нам также представляется важным узнать ответ на вопрос, а какая, собственно, экспериментальная модель может быть выбрана в качестве конечного результата БД НИЛИ, для которой справедливы сделанные выводы о неспецифичности (отсутствии) фотобиологического спектра действия? Возможно, это для исследований *in vitro* – пролиферативная активность клеток, а *in vivo* – раневой процесс и состояние микроциркуляции. Безусловно, не исключается рассмотрение разных моделей,

но выводы, особенно обобщения, в любом случае должны быть предельно корректными.

### *Вторичные механизмы, принимаемые за первичный, или Паровоз едет, потому что дым из трубы идёт*

Наиболее наглядно подобный характер заблуждений можно продемонстрировать на примере многолетнего изучения закономерностей влияния лазерного света на антиоксидантную систему. Также это демонстрация ошибок, возникающих при стереотипном взгляде на проблему в старательном следовании идее фотобиологического подхода в разрешении вопроса о первичном механизме биологического действия НИЛИ.

Известная группа авторов [Девятков Н.Д., Зубкова С.М., 1987; Зубкова С.М., 1976, 1991; Зубкова С.М., Крылов О.А., 1978] предполагали, что пусковым моментом в сложном механизме действия низкоинтенсивного лазерного излучения на биологические объекты является изменение под действием света ГНЛ физико-химического состояния каталазы и супероксиддисмутазы (СОД). Е.А. Горбатенкова с соавт. (1988), Ю.А. Владимиров (1994) ранее поддерживали эту идею, и только в отношении СОД, активацию каталазы эта группа исследователей не смогла обнаружить, как, впрочем, позднее и СОД [Владимиров Ю.А. и др., 2012].

Давно известно, что свет рубинового (694 нм) и YAG:Nd (1064 нм) лазеров (энергия 45–85 Дж) не вызывает прямой инактивации различных ферментов (трипсин, лизоцим, амилаза, алкогольдегидрогеназа, пероксидазы и каталаза) [Igelman J.M. et al., 1965]. В исследовании других авторов было показано, что на фоне освечивания *Torulopsis sphaerica* НИЛИ (длина волны 633 нм, ЭП $4{,}6 \cdot 10^{-2}$–$9{,}8 \cdot 10^{-2}$) активность СОД в цитозоле не меняется, только НАДФ-дегидрогеназы вырастает в 1,5 раза. Авторы объясняют это тем, что данный фермент участвует в более сложных процессах, связанных с долгосрочной перестройкой обмена веществ. Такой вывод подтверждается выявленным одновременным снижением активности кислой фосфатазы (хотя фермент не поглощает свет в красной области спектра). Поскольку это маркер активности лизосом, ответственных за гидролитическую активность клетки, то предполагается, что синтетические процессы в целом в клетках всё-таки преобладают над деградационными процессами [Fedoseyeva G.E. et al., 1988(1)].

На ферменты антиоксидантной системы (АОС) обратили внимание благодаря наличию полосы поглощения 620–640 нм, близкой к длине волны ГНЛ (633 нм). Сразу же отметим, что эта «полоса» весьма условная (рис. 1.23 и 1.24), ферменты поглощают свет в достаточно широком спектральном диапазоне без резких различий в эффективности. Идея прямого возбуждения ферментов вообще выглядит более чем странной, поскольку из основ биофизики хорошо известно, что под влиянием света может происходить *только инактивация* ферментов, и чем выше поглощение, тем выраженнее этот процесс [Владимиров Ю.А., 2001]. В УФ-области подавление активности фер-

ментов происходит проще и при меньших мощностях (энергиях), поскольку коэффициент поглощения света чрезвычайно высок, в других спектральных диапазонах инициировать реакцию сложнее.

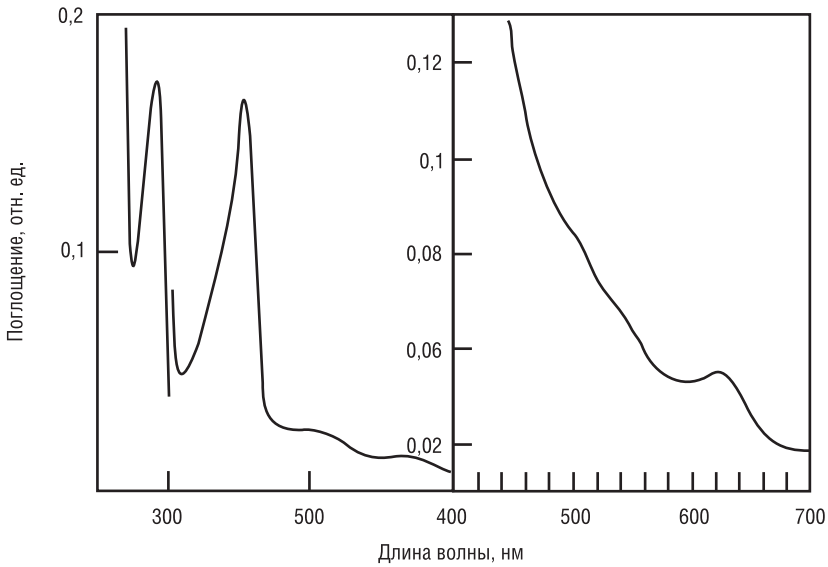



*Рис. 1.23.* Спектр поглощения каталазы (в видимом диапазоне масштаб увеличен) (Stern K.G., 1937; Youn H.-D. et al., 1995)

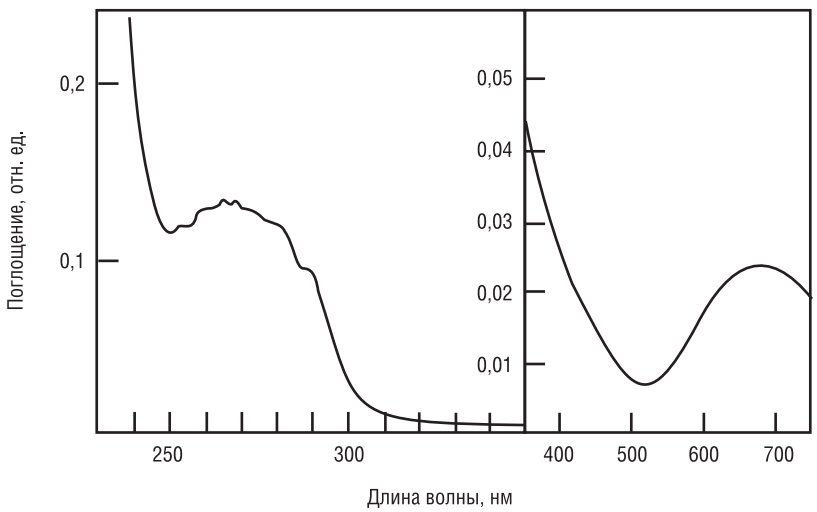



*Рис. 1.24.* Спектр поглощения супероксиддисмутазы (в видимом диапазоне масштаб увеличен) (Briggs R.G., Fee J.A., 1978)

Е.А. Пронина с соавт. (2009) обнаружили изменение активности каталазы нескольких бактерий (*Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa*) под влиянием электромагнитного излучения КВЧ-диапазона. Поскольку никакого поглощения фермента в этой области нет, было сделано предположение, что данная частота (129 ГГц) совпадает с молекулярным спектром поглощения и излучения оксида азота, и он уже ответственен за активацию каталазы. Эти изменения зависят от длительности воздействия и не имеют видовой специфичности. Поиск «специфического» и «резонансного» в очередной раз завёл исследователей в тупик. Сопоставив множество исследований, можно легко сделать вывод о неспецифичности и вторичности наблюдаемых явлений, *любой* внешний действующий фактор, ЭМИ с любой длиной волны и в любом спектральном диапазоне будет вызывать *вторичную* активацию каталазы и СОД, если при этом активизируются окислительно-восстановительные реакции.

Если даже гипотетически предположить возможность фотохимического взаимодействия НИЛИ с ферментами, то очевидно, что оно может приводить *только к ингибированию их ферментативной активности,* поскольку для достижения достаточно прочного связывания белков при их взаимодействии необходимы комплементарность контактирующих поверхностей, правильная подгонка ван-дер-ваальсовых поверхностей, точное спаривание заряженных групп и донорно-акцепторных пар, участвующих в водородных связях, а также соответствующий вклад гидрофобных взаимодействий [Фридрих П., 1986]. Подобное взаимодействие различных сил «выстраивает» нужную структуру белка, обеспечивая исключительную специфичность (направленности действия) ферментов. Любое вмешательство в эту сложную структуру, нарушение энергетических связей с изменением конформационной исключительности, которые неизбежно должны происходить при поглощении световой энергии, может привести *только к потере* уникальной избирательности и *инактивации* фермента [Финкельштейн А.В., Птицын О.Б., 2012].

Впрочем, в экспериментах с раствором ферментов никакой их *активации* в прямом смысле этого слова никто никогда и не обнаруживал! Была показана лишь *ре*активация СОД под действием лазерного света, предварительно специально *ин*активированной (т. е. потерявшей свои свойства), получен эффект восстановления исходной структуры активного центра и активности фермента как следствие этого [Горбатенкова Е.А. и др., 1988]. Некоторые авторы вообще не смогли получить прямой активации каталазы [Владимиров Ю.А., 1999], а также подвергается сомнению достоверность результатов некоторых исследований в отношении СОД [Образцов И.В., 2009]. Хотя, скорее всего, в данном случае мы имеем дело лишь с различиями в экспериментальных моделях или неточностями в описании метода исследования. В любом случае делать глобальные обобщения из подобных экспериментов и переносить эти данные на клинику, тем более давать рекомендации в методическом лечебном плане (а это делается), совершенно недопустимо!

Неправомерность представления реализации первичного механизма БД НИЛИ через прямую активацию ферментов АОС была прямо продемонстрирована на модели эритроцитов. Как известно, для нормального функционирования эритроциты должны быть достаточно пластичными, что, в свою очередь, определяется формой клетки и эластичностью их клеточных мембран [Sheetz M.P., Singer S.J., 1974]. И.М. Байбеков с соавт. (1991) выявили зависимость между увеличением активности ферментов и изменением формы эритроцитов, а также их функциональной полноценности. Однако не только для длины волны 633 нм, близкой к их спектру поглощения, и вроде бы подтверждая теорию, но также для азотного (337 нм) и диодного (890 нм) лазеров, где у них нет полос поглощения [Байбеков И.М. и др., 2008]. Этот факт вынуждает отказаться от данной модели и рассмотреть иные варианты.

Происходит на самом деле следующее. Реакция, катализируемая НАДФ·Н-оксидазой, заключается в окислении НАДФ·Н до $НАДФ^+$ внутри клетки с переносом электронов на другую сторону клеточной мембраны и образованию на наружной стороне клетки супероксидного радикала из кислорода среды. НАДФ·Н (внутриклеточный) + $2O_2$ (внеклеточный) → $НАДФ^+$ (внутриклеточный) + $H^+$ (внутриклеточный) + $2O_2^-$ (внеклеточный). Супероксид трансформируется до пероксида водорода ($H_2O_2$) с помощью ферментов детоксикации – марганцевой супероксиддисмутазы (Mn-СОД) или цинк/медь – супероксиддисмутазы (Cu/Zn СОД), а затем до воды с помощью глутатионпероксидазы (ГП) или пероксидредоксина III (ПР III). Механизм активации – повышение концентрации $Ca^{2+}$ и фосфорилирование [Meier B. et al., 1991; Рис Э., Стренберг М., 2002; Фаллер Д.М., Шилдс Д., 2006; Chance B. et al., 1979; van der Vliet A., 2008].

Теперь уже известно, что имеющая место антиоксидантная активность на фоне НИЛИ лишь вторичное проявление совершенно иных процессов. Это результат последовательности развития следующих событий: поглощение света → возникновение градиента температуры → высвобождение $Ca^{2+}$ из внутриклеточных депо с последующим распространением волн повышенной концентрации $Ca^{2+}$ → активация $Ca^{2+}$-зависимых процессов, в том числе метаболических → высвобождение активных форм кислорода ($H_2O_2$ и $O_2^-$) → активация антиоксидантной ферментативной системы. Активные формы кислорода (АФК) появляются в процессе различных биохимических реакций дыхательных цепей НАДФ-НАДФ·Н, чем эти процессы активнее, тем больше продуктов этих реакций, как следствие этого, повышение активности каталазы и СОД [Фаллер Д.М., Шилдс Д., 2006; Van der Vliet A., 2008]. Другими словами, выявленные зависимости не носят прямого характера, а являются следствием активации лазерным светом $Ca^{2+}$-зависимой (как будет показано ниже) работы энергетических центров живой клетки, но не только.

В отношении взаимозависимостей синтеза белка, требующих усиления окислительно-восстановительных реакций, и активности каталазы представляет интерес исследование T.I. Karu с соавт. (1993(1)). На рис. 1.25 представ-

лены зависимость от энергетической плотности лазериндуцированного (ГНЛ, 633 нм, 0,7 мВт/см$^2$, изменение ЭП достигалось варьированием времени воздействия) синтеза белка и активности каталазы при различных вариантах освечивания дрожжевой культуры *Torulopsis sphaerica*. В нормальном состоянии без влияния дополнительных внешних факторов наблюдается чёткая корреляция между двумя процессами.

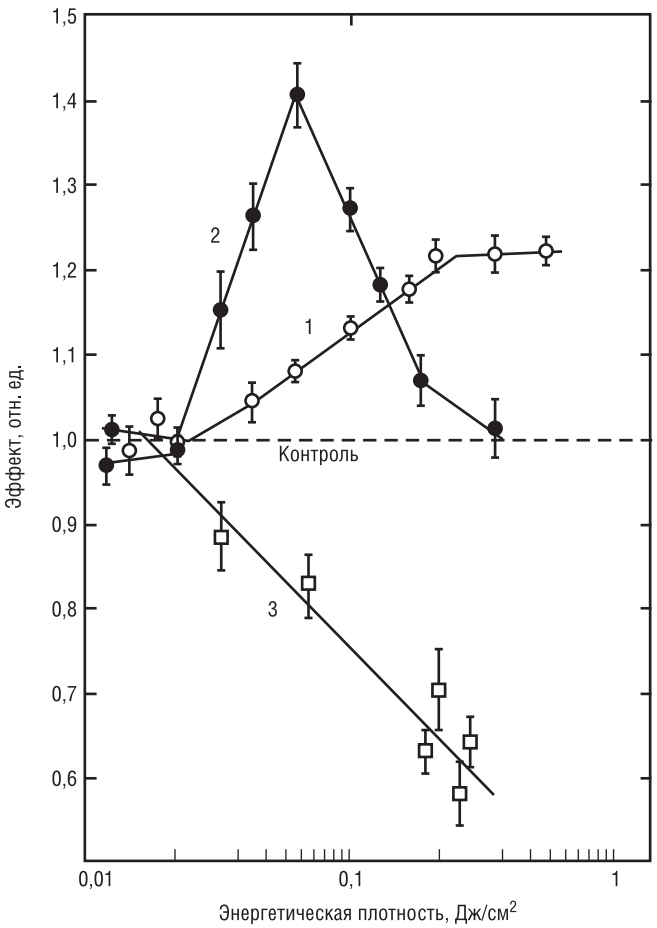



*Рис. 1.25*. Зависимость синтеза белка и активности каталазы при различных вариантах освечивания *Torulopsis sphaerica* (633 нм): 1 – активность каталазы и 2 – синтез белка в нормальных условиях; 3 – синтез белка при искусственно подавленной активности каталазы 3-амино-1,2,4-триазолом (Karu T.I. et al., 1993(1))

Обратим внимание на одно важнейшее обстоятельство, максимальное значение лазериндуцированного синтеза белка соответствует лишь началу активации фермента, а возврат к исходному показателю происходит на фоне

насыщения его активности. Из чего можно сделать однозначный вывод о первичности процессов, предшествующих усилению синтетической активности относительно ферментативной, и предположить либо активную, либо пассивную (как маркер) роль каталазы в формировании подобного характера энергетической зависимости.

Но аналогичный эксперимент в условиях искусственно подавленной активности фермента показал, что воздействие НИЛИ в этом случае лишь ингибирует синтез белка, причём экспоненциально, в прямой зависимости от ЭП. Объясняется такая закономерность очень просто, ускорение под действием лазерного света $Ca^{2+}$-зависимых окислительно-восстановительных реакций приводит к образованию пероксида водорода, который, будучи не утилизированным каталазой, вызывает оксидативный (окислительный) стресс со всеми вытекающими отсюда известными обстоятельствами. Таким образом, роль каталазы, да и всей антиоксидантной системы, в выраженности конечного результата воздействия лазерного света, и особенно в части обеспечения принципа «не навреди», если говорить о клинической стороне использования НИЛИ – чрезвычайно важна. Многие авторы рекомендуют назначать в первые сеансы ЛТ антиоксиданты для предотвращения негативного влияния АФК [Брилль Г.Е., Брилль А.Г., 1997; Марсагишвили Л.А., 2005].

Из исследования T.I. Karu с соавт. (1993[(1)]) прямо следуют очень важные выводы о необходимости контроля состояния АОС и назначении приёма антиоксидантов, по крайней мере, первые 3–5 процедур ЛТ. Увеличение продукции АФК (оценка проводилась по люминолзависимой хемилюминесценции) из нейтрофилов после освечивания ИК НИЛИ (830 нм, непрерывный режим, 60 мВт) наиболее эффективно происходит при экспозиции 60 с, а максимальная концентрация достигается через 7–14 мин после начала освечивания [Suzuki K.-J. et al., 2005], что позволяет сделать некоторые выводы о предельном времени экспозиции. С другой стороны, увеличение продукции АФК из нейтрофилов даже полезно для организма, поскольку они участвуют в аутоиммунном регулировании. Производство АФК и опсоническая активность сыворотки крови взаимосвязаны, что свидетельствует о наличии компенсационного механизма для поддержания гомеостаза аутоиммунной системы [Takahashi I. et al., 2005]. Предпочтительнее ограничивать энергетические и временны́е рамки процедуры, чтобы гарантировать «передозировки» в части инициирования активности АОС, чем назначать антиоксиданты.

И, конечно же, сами ферменты АОС не являются первичными акцепторами, лишь на определённом этапе развития вторичных процессов обеспечивают нужную направленность ответной реакции клетки. Рассуждения ряда авторов, что отсутствие спектральной зависимости увеличения содержания АФК объясняет универсальность действия именно через данный механизм [Lubart R. et al., 2000], выглядят совершенно неубедительными. *Повышение концентрации* $Ca^{2+}$ *вызывает образование АФК и активацию АОС в целом, а не наоборот* [Meier B. et al., 1991]! Это косвенно подтверждается тем, что кинетика высво-

бождения АФК зависит от энергии, а не от мощности НИЛИ, а важнейшей составляющей является экспозиция [Pal G. et al., 2007], чего не может быть в случае прямой фотохимической реакции, когда важнее именно мощность светового источника. Более того, прямыми экспериментами показано, что АФК высвобождаются под действием НИЛИ через активацию $Ca^{2+}$-зависимых механизмов [Suzuki K.-J. et al., 2005; Takahashi I. et al., 2005].

Г.Е. Брилль и А.Г. Брилль (1997) в качестве первичных акцепторов НИЛИ рассматривали гуанилатциклазу и NO-синтетазу, опять же с оглядкой на длину волны ГНЛ. Однако и тут всё оказалось значительно проще, эти *$Ca^{2+}$-зависимые* ферменты участвуют в вазодилатации сосудов, активизируя высвобождение эндотелиального оксида азота – предшественника фактора расслабления стенок кровеносных сосудов (EDRF) [Murrey R.K. et al., 1996], следовательно, при увеличении концентрации $Ca^{2+}$ под действием НИЛИ сосуды реагируют соответствующим образом на повышение концентрации оксида азота [Gorshkova O.P. et al., 2013], а не на якобы индуцируемую лазерным светом «активацию» мифических «акцепторов».

И подобных примеров замечательных исследований, из которых были сделаны неверные выводы, достаточно много. В живой клетке постоянно что-то меняется, практически одновременно проходят более 3000 биохимических реакций, поэтому важнее всего понимать последовательность происходящих событий, т. е. физиологию, динамику процессов, но над этим почему-то редко кто задумывается.

### *Оригинальные концепции*

В большинстве своём это так называемые модели резонансного взаимодействия. Сразу оговоримся, что, на наш взгляд, любые попытки объяснить первичный механизм БД НИЛИ без участия процессов обмена и преобразования энергии, по меньшей мере, необоснованны, поскольку многочисленные исследования показывают – при отсутствии поглощения никаких эффектов не наблюдается [Кару Т.Й., 2005; Москвин С.В., 2007; Karu T.I., 1989]. Вообще сложно представить себе, по крайней мере с позиций современной науки, как процесс передачи «информации» может происходить без участия энергетического носителя, хотя бы и в микроскопических величинах. Другое дело количественная сторона вопроса, сколько энергии необходимо для инициирования ответной реакции биосистемы. Забегая вперед, скажем: очень сильно зависит от параметров воздействия, прямо не связанных с энергетическими характеристиками, такими, как длина волны НИЛИ, время экспозиции, режим работы лазерного источника, частота модуляции, локализации воздействия и пр. При определённых условиях мощность излучения столь мала, что даже измерить её бывает сложно, тем не менее контроль всех параметров, и энергетических в первую очередь, должен быть. Известно, что вопрос оптимальной, т. е. необходимой и достаточной ЭП НИЛИ *всегда* был и остаётся на первом месте при разработке методик лазерной терапии.

В основе предлагаемой В.А. Мостовниковым с соавт. (2003) модели БД НИЛИ лежит резонансное взаимодействие с биомолекулярными структурами, а не поглощение квантов (энергии). Предполагается существование механизма управления важнейшими процессами жизнедеятельности с помощью сигналов физической природы (излучение в оптическом диапазоне), осуществляющегося через межклеточные взаимодействия [Мостовников В.А., Хохлов И.В., 1981]. *Обязательным* условием получения результата является наличие линейной поляризации света. Однако, при всей спорности вопроса о значимости степени поляризации на конечный эффект, доказано, что во многих случаях этот фактор не имеет принципиального значения [Кару Т. и др., 2008; Karu T.I. et al., 2008], следовательно, не может быть признана исходная предпосылка в целом.

Множество «теорий» в той или иной степени вращается около ассоциативного ряда *свет–кванты–волны–лазер*, когда осуществляется попытка обосновать действие лазера через «квантовые» или «волновые» (авторы постоянно путаются в терминах) механизмы «хранения и передачи информации» в живых клетках. Различные клеточные структуры представляются в виде источников «информационных волн», своего рода «биолазер», который якобы регулирует внутриклеточные процессы.

Первой, конечно, нужно упомянуть работу В.Е. Илларионова (1998), как своего рода «образец» для желающих пересказом никем не признанных теорий с использованием специфической и/или очень странной терминологии максимально искусно замаскировать полное отсутствие какой-либо конкретной мысли. Чего там только нет: «континуум молекулярного микромира живых существ», «информационно-распорядительные комплексы биоструктур», «электронная поляризация диэлектриков», «процесс синтеза информации», «информационная частота», «информационные полимеры», «солитонные волны» и пр. При этом так и остался без ответа самый главный вопрос: какое всё это нагромождение не связанных друг с другом терминов и откровенных нелепостей имеет отношение к лазерной терапии? Нельзя же всерьёз воспринимать такую идею (*далее в скобках комментарии, без которых не обойтись*): «…вся энергия воздействующего ЭМИ переходит в электрическую (*это не динамомашина!*), затем происходит (*каким образом, не поясняется*) её трансформация (*во что?*), утилизация (*куда?*) и распространение (*после утилизации?*) ... Единственная конкретная рекомендация относится к снижению плотности мощности ЭМИ (в том числе и НИЛИ) до уровня 1–10 мкВт/см$^2$, «при условии обеспечения синхронизации ритмов действующего фактора». Уточнений по конкретным частотам этих ритмов, а также способе и механизмам реализации такого воздействия нет, никаких экспериментальных и клинических доказательств предлагаемой идеи не приводится.

Самое печальное, что подобные фантазии (назовём это так) не только частично цитируются другими авторами с формулировкой «доказано», но, по сути, полностью воспроизводятся в качестве фундаментального обоснования

других «теорий» и принципов работы технических устройств с сомнительными свойствами [Системы нелинейной диагностики, 2002].

Подобными псевдонаучными публикациями с удовольствием маскируют свою весьма неприглядную деятельность откровенные шарлатаны, реализующие «чудо-информационно-волновые аппараты», а на самом деле пустышки с мелькающими огоньками для создания видимости работы. Мошенникам очень нравится сложность «научного» обоснования, предполагающая якобы серьёзность методологического подхода. Только достаточно узкому кругу специалистов понятно, что за этим ничего нет, но у большинства же создаются нужные кому-то иллюзии, так необходимые для обмана. Лишь в связи с этим обстоятельством мы так подробно рассматриваем эту брошюрку. Есть в ней, повторимся, одно рациональное зерно, идея снижения «дозировок» в физиотерапии, и в лазерной терапии в частности. Однако настоящее, как теоретическое, так и экспериментальное обоснование такого принципа совершенно другое, построенное на истинно научном подходе к изучению механизмов БД НИЛИ, и сделано совсем другими исследователями.

Но всё же постараемся разобраться в нагромождении терминов. В работе В.Е. Илларионова (1998) часто цитируется гипотетическая модель способа передачи информации в биосистемах через генерацию колебаний среды и распространения пакета упругих волн, построенного из квантовых состояний с частотой порядка $10^{12}$ Гц, как попытка замены общеизвестного механизма электронных переходов волновыми процессами, на том лишь основании, что в этом диапазоне частот (дальний ИК-диапазон) ЭМИ имеет как волновой, так и квантовый характер [Фрёлих Г., 1977]. Однако все специалисты в данной области науки понимают, что образование подобных когерентных пакетов невозможно, а сама гипотеза давно отвергнута. Для пояснения причин её несостоятельности требуются глубокие познания в области квантовой механики, поэтому подробности приводить не будем.

Заблуждения порой весьма устойчивы, и как бы в развитие идей Г. Фрёлиха, приводится предположение А.С. Давыдова (1986), что механизм движения электронов вдоль пептидных цепей белковых молекул можно описать в форме нелинейных уединённых волн – солитонов (сокращенное от английского *solitary wave*). Однако реально это не более чем жонглирование малопонятным термином. В упомянутой же работе всего лишь сделана попытка объяснения механизма переноса *энергии* на отдельных участков *энергетических* процессов в биологических системах, например, при мышечном сокращении, при работе митохондрий и пр. Ни о каком «информационном» переносе речи не идёт. Более того, сам же А.С. Давыдов (1979) с позиций квантовой механики неопровержимо доказывает, что вероятность излучения фотонов солитонами ничтожно мала, а вероятность образования солитонов под действием света ещё меньше. Таким образом, солитоны никакого отношения ни к механизмам биологического действия НИЛИ, ни к передаче информации внутри живой клетки не имеют.

Чтобы совсем запутать читателей, а заодно и поразить их широтой своих познаний, В.Е. Илларионов (1998) также упоминает некий «механизм возврата Ферми-Паста-Улама». О чём на самом деле идет речь? E. Fermi с соавт. (1955) своими расчётами на только появившихся ЭВМ пытались выяснить условия термолизации (перераспределения энергии) в цепочке периодически расположенных частиц, между которыми действуют линейные и квадратичные силы, и, к их удивлению, выяснилось, что в такой системе она не наступает. Позднее N.J. Zabuski, M.D. Kruskal (1965) показали, что этот процесс всё же имеет место, и как раз за счёт механизма распространения солитонов, упоминаемого выше. Вот, собственно, и всё, ни к лазерам, ни к «информационным» процессам это явление не имеет никакого отношения.

Высказывается также мнение, что белковые структуры могут обладать полупроводниковыми свойствами и иметь зоны проводимости, по которым могли бы перемещаться электроны. Идея принадлежит А. Сент-Дьёрдьи (1960), но была опровергнута быстрее, чем его книга переведена на русский язык. Из данных о спектрах поглощения света белковыми молекулами следует, что ширина запрещённой зоны для собственных электронов таких молекул не меньше 4,8 эВ [Мецлер Д., 1980]. Теоретически в пространственно однородной кристаллической структуре и при наличии направленного электрического поля преодоление такого потенциального барьера могло бы быть осуществлено. Но в белках создать такие условия невозможно, они диэлектрики, а не полупроводники! И этот механизм взаимодействия НИЛИ с белковыми структурами не может быть принят во внимание. Таким образом, упомянутые в предыдущих абзацах нагромождения псевдонаучной риторики не имеют к механизмам БД НИЛИ никакого отношения, призваны лишь скрыть отсутствие необходимых знаний в этой области у некоторых авторов.

Возможно, имеет место влияние НИЛИ через саму организацию клетки, например, её водной структуры. В этом плане высказывались весьма интересные идеи. Известно, что структурные эффекты в сложных многокомпонентных растворах играют важнейшую роль. Особое место среди них занимают лиотропные жидкокристаллические комплексы, по степени упорядоченности и структурной сложности приближающиеся к биологическим гуморальным средам, обладающие уникальной чувствительностью к слабым внешним возмущениям различной физической природы. Р.И. Минц и С.А. Скопинов (1989) исследовали структурную альтерацию биологических жидкостей и их моделей при воздействии ГНЛ (10 мВт). Отмечено, что действие лазерного света в рассмотренной системе имеет некоторые особенности, отличающие его от традиционных фотохимических явлений. Например, отсутствует пропорциональная зависимость энергия–эффект, кривые носят преимущественно колоколообразный характер, а мощность излучения и время экспозиции являются самостоятельными параметрами. Исходные компоненты экспериментальной системы (лецитин, вода, перекись водорода) не поглощают селективно свет в спектральной области излучения ГНЛ, следовательно, эффекты вызываются

сверхмалой поглощённой энергией или, как часто говорят в таких случаях, «информационным» воздействием. Г.Р. Мостовникова и соавт. [1990] также поддерживают эту идею, передавая определяющую роль в механизме терапевтического действия лазерного света светоиндуцируемым перестройкам молекулярных и субмолекулярных жидкокристаллических структур.

Результаты модельных экспериментов были проверены на раневых процессах. Установлено, что стимулирующее действие лазерного излучения на заживление как асептических, так и гнойных ран сопряжено с процессами их структурной альтерации. Локальное освечивание раны вызывает трансформацию жидкокристаллических комплексов в цитоплазме клеток раны, в крови, в изолированных от ран биожидкостях: желчи, кишечной и желудочной слизи [Минц Р.И., Скопинов С.А., 1989].

Основой всего живого на Земле является вода, имеющая сложную структуру, в конденсированной фазе представляет собой смесь гексагональных фрагментов ($H_2O_6$) и трёхатомных молекул ($H_2O$). Гексагональные фрагменты (кольца) в зависимости от условий могут объединяться в кластеры различного размера. Соотношение концентраций и размеры кластеров определяют структурное состояние водного матрикса. Кластерные структуры находятся в колебательном состоянии и образуют систему осцилляторов. Колебания, самосинхронизируясь в живом организме, создают собственное слабое электромагнитное поле. Следовательно, водный матрикс имеет пространственную и временную организацию и может выполнять роль синхронизатора и «эталона времени» в биосистемах, что позволяет говорить о биоинформационных свойствах водных систем. Установлено, что в здоровом организме существует динамическая иерархия водных структур, проявляющаяся в наличии чётко очерченных водных резонансных пиков. Базовые резонансные частоты воды и здоровых тканей человека идентичны. В условиях нормального функционирования биосистемы деятельность её гомеостатических механизмов направлена на поддержание и сохранение определённой структурной организации водного матрикса [Брилль Г.Е. и др., 1998].

При воздействии различных альтерирующих агентов, приводящих к изменению биоструктур, нарушению клеточного метаболизма и развитию патологического процесса в ткани (воспаление, ишемия, дистрофия, опухоль и т. п.), изменяется и структура водного матрикса. Это проявляется в изменении амплитудных и частотных характеристик отклика. При незначительных аномалиях возникают локальные напряжения в структуре водного матрикса, которые могут быть ликвидированы в силу определённой его «эластичности» (наличие внутренней энергии матрикса) без привлечения дополнительных энергетических источников. Водный матрикс выступает в этом случае в качестве одного из важнейших ауторегуляторных гомеостатических факторов. При грубой альтерации возникают более глубокие изменения, которые не могут быть репарированы за счёт использования внутренней энергии матрикса. В этом случае дополнительный приток энергии может способствовать вос-

становлению структуры водного матрикса. Подобное влияние на биосистему, возможно, оказывает НИЛИ [Брилль Г.Е. и др., 1998].

Иногда при рассмотрении механизмов БД НИЛИ вспоминают идеи П.П. Гаряева (1993), в которых первоосновой «кодовой иерархии» биологических систем являются инфраструктуры внеклеточных матриксов, цитомембраны, цитоскелета и ядра клетки. Все изменения в живом организме связаны с изменениями в этих структурах, а ДНК, рибосомы и коллаген – главные информационные биополимеры, и якобы между ними происходит обмен информацией по физическим каналам нелинейных электромагнитных колебаний. Концепция не нашла своего экспериментального подтверждения (об этом в 4-й части книги), равно как и предположения, будто бы генераторами и акцепторами «информационных» волн внутри биообъектов являются различные жидкокристаллические структуры [Захаров С.Д. и др., 1989; Минц Р.И., Скопинов С.А., 1989] или внутриклеточная вода со своей способностью образовывать фрактально-кластерные структуры [Бурдаков В.П., 2004].

## *Выводы*

1. Действие низкоинтенсивного лазерного излучения на биологические объекты неспецифично, как следствие этого, максимально универсально. Сам лазерный свет не является терапевтическим агентом и ничего не лечит, а лишь инициирует ответную реакцию организма.

2. Вызываемые лазерным светом биоэффекты при всём своём разнообразии объяснимы с точки зрения электромагнитного взаимодействия и являются лишь следствием индуцированной НИЛИ самонормализации физиологических процессов.

3. Механизмы фотобиорегуляции в различной степени существуют у всех живых клеток, сложились в процессе эволюции под влиянием солнечного света, и НИЛИ следует воспринимать как тончайший инструмент потенциально почти безграничного влияния на биологические процессы.

4. Есть один первичный механизм БД НИЛИ и множество вторичных процессов, цепочка ответных реакций организма.

5. Первичный механизм БД НИЛИ не является актом проявления физиологии в прямом понимании этого термина, поскольку лишь запускает цепочку ответных реакций вследствие термодинамических взаимодействий. Соответственно этому выявляемые закономерности имеют существенные, даже принципиальные отличия от хорошо известных из классической фотобиологии.

6. Выводы, сделанные из многих ранее выдвигаемых теоретических моделей, не подтверждаются практикой. Первичным механизмом биологического (терапевтического) действия НИЛИ является термодинамический запуск $Ca^{2+}$-зависимых процессов, как на клеточном, так и на тканевом уровне. И это объясняет все известные экспериментальные и клинические факты.

# Глава 1.4
# ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРВИЧНОГО МЕХАНИЗМА БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО СВЕТА

Механизмы биологического (терапевтического) действия НИЛИ необходимо рассматривать только с позиции общности природы, как действующего физического фактора, так и организации живой материи. На рис. 1.19 (см. в начале предыдущей главы) представлена практически вся последовательность процессов, начиная с первичного акта поглощения фотона и заканчивая дальнейшей ответной реакцией различных систем организма. Данная схема может быть дополнена деталями патогенеза конкретного заболевания.

С чего всё начинается? Представленные выше факты и экспериментальные данные убедительно доказывают, что подобные эффекты могут быть вызваны только *термодинамическими сдвигами* при поглощении лазерного (когерентного, монохроматического и поляризованного) света внутриклеточными компонентами. Теоретические оценки показывают, что в процессе освечивания даже с малой энергетической плотностью в местах поглощения возможно возникновение температурного градиента в десятки градусов. Хотя время релаксации макромолекулы невелико ($10^{-12}$–$10^{-13}$ с), этого вполне достаточно для весьма значительных термодинамических сдвигов как в группе хромофоров непосредственно, так и в окружающих областях, что приводит к существенным изменениям свойств молекул и является пусковым моментом индуцированной лазерным светом ответной реакции биологической системы. Обращаем внимание на то, что в качестве акцептора может выступать *любой* внутриклеточный компонент, имеющий полосу поглощения для данной длины волны, поскольку кальциевыми депо заполнена практически вся клетка. То есть начальным пусковым моментом биологического действия лазерного света является не фотобиологическая реакция как таковая, а *локальный* термодинамический сдвиг, кратковременно возникающий *локальный температурный градиент*. Это принципиально важный момент, позволяющий объяснить, например, отсутствие таких характерных для фотобиологии закономерностей, как спектр действия или линейной зависимости конечного эффекта от мощности светового источника.

Интегрального нагрева отдельных клеточных компонент и биотканей при той незначительной плотности мощности, которая используется в лазерной терапии, как такового, не наблюдается (подразумевается повышение температуры в целом). Об этом свидетельствует отсутствие белков теплового шока фибробластов после освечивания их ГНЛ (60 мВт, 1,5 и 3 Дж/см$^2$ в непрерывном режиме) [Hashieh I.A. et al., 1997]. Хотя некоторые авторы и предполагают участие HSP27 в механизмах БД НИЛИ по косвенным признакам [Lim W.B., 2012], это не более чем версия.

При незначительных локальных возмущениях, недостаточных для перевода в новое конформационное состояние, может сравнительно сильно измениться геометрия, конфигурация молекул. Их структуру «ведёт», чему способствует возможность поворотов вокруг одинарных связей главной цепи, не очень строгие требования, предъявляемые к линейности водородных связей, и т. д. Это свойство макромолекул может решительным образом влиять на их функционирование даже без изменения конформационного состояния. Для эффективного преобразования энергии достаточно возбуждать такие энергетические уровни, которые медленно обмениваются своей энергией с тепловыми степенями свободы. Предположительно способность к направленным объёмным изменениям, т. е. к механическому движению под действием локальных возмущений, есть отличительная особенность белковых макромолекул, и требуемые релаксационные изменения вполне могут быть индуцированы лазерным светом низкой, «терапевтической» интенсивности [Гудвин Б., 1966; Москвин С.В., 2003].

Становится понятно, почему нужный результат достигается при воздействии именно *лазерных* источников света и наиболее важным является такое свойство, как монохроматичность, т. е. минимальная ширина спектральной линии. Если она будет сравнима с полосой поглощения макромолекулы (30 нм и более), то такой свет вызовет колебание *всех* энергетических уровней и произойдёт лишь слабый, на доли градусов, нагрев *всей* молекулы и близлежащих областей. Тогда как узкий спектр, характерный для лазерных источников света (менее 3 нм), обеспечит так необходимый нам для эффекта *локальный* нагрев уже на десятки градусов, при этом вся энергия фотонов будет выделяться на *небольшом локальном участке* макромолекулы, вызывая термодинамические изменения, достаточные для запуска дальнейшего физиологического отклика (высвобождение $Ca^{2+}$).

Проводя условную, но вполне наглядную аналогию, этот процесс можно представить следующим образом: при концентрации увеличительным стеклом солнечного света на точку можно поджечь бумагу, тогда как при рассеянном освечивании всей её поверхности ничего существенного не происходит, она становится лишь немного теплее.

Следствием лазериндуцированного «поведения» макромолекул, входящих в состав внутриклеточного депо кальция, или в близких к ним областях, является выход и увеличение концентрации $Ca^{2+}$ в цитозоле, что происходит в виде распространяющихся волн с полупериодом 100 с [Смольянинова Н.К. и др., 1990; Alexandratou E. et al., 2002; Friedmann H., Lubart R., 1996; Lubart R. et al., 1997] (рис. 1.26). Во всех более ранних исследованиях эти изменения отмечались лишь в совокупности с другими процессами, часто вообще как «побочный продукт» основной реакции, данный факт не выделялся каким-то особым образом. И только нами впервые было высказано предположение, что увеличение концентрации $Ca^{2+}$ в цитозоле является именно первичным, базовым, универсальным механизмом (после поглощения фотонов, конечно),

запускающим вторичные лазериндуцированные процессы, а также замечено, что все физиологические изменения, происходящие вследствие этого на самых различных уровнях, – $Ca^{2+}$-зависимые [Москвин С.В., 2003], что подтверждено другими исследователями [Попов Г.К. и др., 2009].

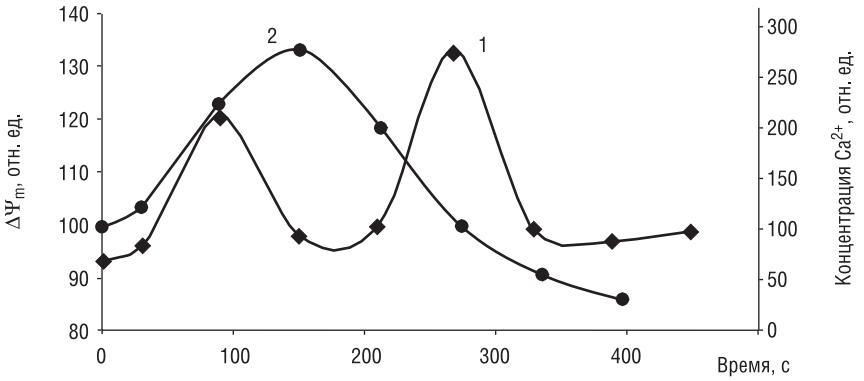



*Рис. 1.26.* Изменение концентрации $Ca^{2+}$ (*1*) в цитозоле и редокс-потенциала митохондрий $\Delta\Psi_m$ (*2*) под действием лазерного излучения (длина волны 647 нм, 0,1 мВт/см$^2$, экспозиция 15 с) на фибробласты крайней плоти человека (Alexandratou E. et al., 2002)

Что же происходит после того, как волны повышенной концентрации $Ca^{2+}$ начинают распространяться под влиянием НИЛИ в цитозоле митохондрий и клетки в целом, а также в различных органах и тканях? Этот чрезвычайно универсальный по своей природе, уже вторичный процесс, если говорить о БД НИЛИ, вызывает самые разнообразные биохимические и физиологические реакции в организме. Именно благодаря этой универсальности лазерная терапия получила столь широкое распространение в различных областях медицины. Вторичные эффекты представляют собой целый комплекс адаптационных и компенсаторных реакций в тканях, органах и целостном живом организме и направленных на его восстановление, возникающих в результате лазериндуцированных изменений исходно на клеточном уровне:

1) усиление метаболизма клеток и повышение их функционального состояния;
2) активация пролиферации, синтеза и высвобождения факторов роста;
3) подавление избыточной пролиферативной активности (иногда);
4) нормализация репаративных процессов;
5) противовоспалительное действие;
6) улучшение микро- и макрогемодинамики;
7) повышение уровня трофического обеспечения тканей;
8) анальгезия;
9) иммуномодулирующее действие;

10) повышение функционального состояния различных органов и систем через рефлекторные механизмы регулирования.

*Обратим внимание на одно важнейшее обстоятельство – все эти процессы – $Ca^{2+}$-зависимые!* С этой точки зрения и рассмотрим более подробно, в деталях, как именно происходят представленные выше физиологические изменения.

## Осцилляции $Ca^{2+}$ в живых клетках под действием НИЛИ

Почему мы обратили внимание именно на эти ионы в рамках объяснения первичного звена механизмов БД НИЛИ и изучения взаимосвязей между первичным термодинамическим процессом поглощения фотонов лазерного света и дальнейшим развитием ответной реакции живого организма? Причин много, перечислим основные из них.

1. Исходя из принципов системного анализа, для объяснения механизмов биологического действия НИЛИ необходимо выявить системообразующий фактор [Анохин П.К., 1973; Славин М.Б., 1989], который в нашем случае связывает все звенья такого многогранного явления, как «биостимуляция» НИЛИ. В такой роли блестяще выступают именно ионы кальция, которые объединяют всю совокупность наблюдаемых эффектов, как на клеточном, так и тканевом уровнях [Москвин С.В., 2008]. Понимая закономерности влияния лазерного света на изменение концентрации ионов кальция и регулирование $Ca^{2+}$-зависимых процессов, мы можем контролировать всю (в известном смысле) цепочку развития ответной реакции организма и прогнозировать результат изменения исходных условий действия физического фактора (ЭМИ). Необычайная универсальность $Ca^{2+}$ на всех уровнях регулирования многочисленных физиологических процессов во многом объясняет и неспецифичность процессов, происходящих при освечивании живого организма.

2. Кальций в наибольшей степени находится в специфически и неспецифически связанном состоянии, как в клетках (99,9%), так и в крови (70%) [Марри Р. и др., 2009]. То есть принципиально существует потенциальная возможность значительного увеличения концентрации $Ca^{2+}$ в цитозоле клетки. И этот процесс действительно обеспечивается не одним десятком только известных нам механизмов, в том числе как неспецифический отклик на изменение внешних физических условий (температура, индукция магнитного поля, освещение и т. д.). Внутриклеточная концентрация $Ca^{2+}$ чрезвычайно мала – 0,1–10 мкм/л, поэтому высвобождение даже небольшого абсолютного количества этих ионов из связанного состояния, приводит к существенному повышению относительной концентрации $Ca^{2+}$ в цитозоле (специальный обзор литературы на эту тему ниже). Для высвобождения такого микроскопического объёма ионов достаточно очень небольшой внешней энергии, что во многом объясняет, каким образом низкоинтенсивный (милливатты) и даже сверхмалой мощности (микроватты) лазерный свет вызывает столь выраженную, а

иногда и чрезвычайно бурную ответную реакцию живой клетки и организма человека в целом.

3. Наличие многочисленных колебательных контуров тесно связано с динамикой высвобождения и регулирования уровня концентрации ионов кальция в цитозоле. Дело в том, что локальное повышение концентрации $Ca^{2+}$ не заканчивается равномерной диффузией ионов или включением механизмов закачивания их излишков во внутриклеточные депо, а сопровождается *распространением волн повышенной концентрации* $Ca^{2+}$ внутри клетки, вызывающих вслед за своим прохождением многочисленные $Ca^{2+}$-зависимые процессы [Alexandratou E. et al., 2002; Tsien R.Y., Poenie M., 1986]. Это динамический процесс, ионы кальция, высвобождаемые одним кластером специализированных канальцев, диффундируют к соседним областям и активируют их. Механизм скачкообразного распространения позволяет начальному местному сигналу запустить глобальные волны и колебания концентраций $Ca^{2+}$ [Berridge M.J. et al., 2000]. То есть мы имеем дело с саморазвивающимся процессом, а не со стационарной системой «действующий физический фактор – акцептор», как любят его представлять фотобиологи. Это крайне важное обстоятельство позволяет совершенно иначе взглянуть на временны́е характеристики методологии лазерной терапии, в которой время воздействия (экспозиция) становится основным, ведущим фактором, определяющим эффективность отклика биологической системы на освечивание и методологии лечения в целом. Уже из этого становится понятно, что рассматривать БД НИЛИ через призму фотобиологических подходов непродуктивно.

4. В некоторых случаях волны $Ca^{2+}$ очень ограниченны в пространстве, например, в амакриновых клетках сетчатки, в которых местные сигналы с дендритов используются для расчёта направления движения [Euler T. et al., 2002]. Но процесс может распространяться также от клетки к клетке посредством межклеточных волн, как это было описано для эндокринных клеток [Fauquier T. et al., 2001], гаструлы позвоночных [Wallingford J.B. et al., 2001] и интактной перфузируемой печени [Robb-Gaspers L.D., Thomas A.P., 1995]. В некоторых случаях межклеточные волны могут переходить с одного типа клеток на другие, как в случае эндотелиальных клеток и клеток гладкой мускулатуры [Yashiro Y., Duling B.R., 2000]. Секреция инсулина из островков Лангерганса поджелудочной железы поддерживается и контролируется периодическими изменениями (волнами) $Ca^{2+}$, что находит своё отражение также в колебаниях уровня инсулина в плазме крови [Merrins M.J. et al., 2010]. Эти факты позволяют частично объяснить переход от местного действия НИЛИ на более высокий уровень, а также факт генерализации эффекта. Напомним, что при освечивании организма человека воздействию подвергаются самые различные клетки и ткани, порой в весьма значительном объёме. И происходит это для всех клеток *одновременно*!

5. $Ca^{2+}$-индуцированное изменение митохондриального мембранного потенциала и увеличение внутриклеточного pH приводит к увеличению продук-

ции АТФ и в конечном итоге стимулирует пролиферацию [Кару Т.Й., 2000; Schaffer M. et al., 1997]. Воздействие видимым светом способствует повышению уровня внутриклеточного цАМФ, что происходит практически синхронно с изменением концентрации внутриклеточного $Ca^{2+}$, в первые же минуты после воздействия [Daniolos A. et al., 1990], регулируя, таким образом, работу кальциевых насосов. Задействуется также и другой механизм, через $Ca^{2+}$-связывающие белки: кальбиндин, кальретинин, парвальбумин и эффекторы, такие как тропонин С, CaM, синаптотагмин, белки S100 и аннексины, которые отвечают за активацию различных $Ca^{2+}$-чувствительных процессов в клетках [John L.M. et al., 2001; Palecek J. et al., 1999].

Итак, ионы кальция, физиология регулирования их концентрации и $Ca^{2+}$-зависимых процессов крайне интересны для детального изучения сами по себе, но в нашем случае это не просто научное любопытство, но сама суть, база, первооснова механизмов БД НИЛИ. Изучая первичный процесс и его закономерности, можно многое сказать о его влиянии на последующие ответные реакции организма и получить возможность прогнозирования результатов воздействия при изменении параметров исходной методики, что крайне важно для повышения эффективности лазерной терапии.

Рассмотрим некоторые уже известные нам закономерности, реализующиеся на разных уровнях организации живого, отследим (насколько это возможно) цепочку развития событий, происходящих в результате воздействия НИЛИ.

1. Активизация метаболизма клеток и повышение их функциональной активности происходит, в первую очередь, вследствие $Ca^{2+}$-зависимого повышения редокс-потенциала митохондрий, их функциональной активности и синтеза АТФ [Кару Т.Й., 2000; Aon M.A. et al., 2008; Filippin L. et al., 2003; Karu T. et al., 1995(1); Schaffer M. et al., 1997]. Свободный кальций поступает из эндоплазматического ретикулума (ЭПР), причём между митохондриями и ЭПР возникает автоколебательный процесс волнообразного изменения концентрации $Ca^{2+}$ [Ishii K. et al., 2006].
2. Стимуляция репаративных процессов зависит от $Ca^{2+}$ на самых различных уровнях. Кроме активизации работы митохондрий при повышении концентрации свободного внутриклеточного кальция активируются протеинкиназы, принимающие участие в образовании мРНК [Watman N.P. et al., 1988]. Также ионы кальция являются аллостерическими ингибиторами мембрансвязанной тиоредоксинредуктазы, фермента, контролирующего процесс синтеза пуриновых дизоксирибонуклеотидов в период активного синтеза ДНК и деления клеток [Родуэлл В., 1993]. В физиологии раневого процесса, кроме того, активно участвует основной фактор роста фибробластов (bFGF), синтез которого и активность зависят от концентрации $Ca^{2+}$ [Abdel-Naser M.B., 1999].
3. Противовоспалительное действие НИЛИ и его влияние на микроциркуляцию обусловлено, в частности, $Ca^{2+}$-зависимым высвобождением медиаторов воспаления, таких как цитокины [Uhlen P. et al., 2000], или также

$Ca^{2+}$-зависимым выделением клетками эндотелия оксида азота (NO) – предшественника фактора расслабления стенок кровеносных сосудов (EDRF) [Murrey R.K. et al., 1996]. Только это не первичные звенья и механизмы БД НИЛИ, как полагают ряд авторов [Брилль Г.Е., Брилль А.Г., 1997; Клебанов Г.И. и др., 2005], а следствие повышения внутриклеточной концентрации ионов кальция.

4. Известно, что экзоцитоз и эндоцитоз – $Ca^{2+}$-зависимые процессы [Глебов Р.Н., 1987; Carafoli E. et al., 2001; Plattner H. et al., 1997]. Поскольку процесс высвобождения нейромедиаторов из синаптических везикул контролируется ионами кальция (Нобелевская премия 2013 г. по физиологии и медицине «За исследование механизмов, регулирующих везикулярный транспорт» [Hata Y. et al., 1993; Perin M.S. et al., 1990]), то управление этим процессом возможно и лазерным светом [Palecek J. et al., 1999]. Прямое влияние НИЛИ на нейрогуморальную регуляцию и механизмы везикулярного переноса биологически активных веществ позволяет объяснить многие очень важные клинические эффекты лазерного воздействия. Кроме того, известно, что ионы кальция являются внутриклеточными посредниками действия ряда гормонов, в первую очередь медиаторов ЦНС и ВНС [Греннер Д., 2009], что также предполагает участие лазериндуцированных процессов в нейрогуморальной регуляции и используется в соответствующих методиках ЛТ.
5. Активизация НИЛИ трансцитоза объясняет, в частности, процесс чрескожного проникновения молекул при лазерофорезе, позволяя оптимизировать параметры давно известной методики, повысить её эффективность. Исключительно перспективная технология лазерофореза после осознания механизмов её реализации вышла на качественно новый уровень и находит всё более широкое применение, как в медицине, так и в косметологии [Москвин С.В. и др., 2011, 2012; Москвин С.В., Кончугова Т.В., 2012; Москвин С.В., Миненков А.А., 2011, 2012].
6. Взаимодействие нейроэндокринной и иммунной систем изучено не в достаточной степени, но установлено вполне достоверно, что цитокины, в частности ИЛ-1 и ИЛ-6, действуют в обоих направлениях, играя роль модуляторов взаимодействия обеих систем [Мейл Д. и др., 2007]. Таким образом, НИЛИ может влиять на работу иммунной системы как непосредственно, через иммунокомпетентные клетки (что доказано в многочисленных экспериментах *in vitro* и *in vivo*), так и опосредованно через нейроэндокринную регуляцию.
7. К числу ранних пусковых моментов бласттрансформации лимфоцитов относится кратковременное повышение концентрации свободного внутриклеточного кальция, который активирует протеинкиназу, принимающую участие в образовании мРНК в Т-лимфоцитах [Watman N.P. et al., 1988], что, в свою очередь, является ключевым моментом лазерной стимуляции Т-лимфоцитов [Мантейфель В.М., Кару Т.Й., 1999]. Воздействие НИЛИ

на клетки фибробластов *in vitro* приводит также к повышенной генерации внутриклеточного эндогенного γ-интерферона [Adachi Y. et al., 1999; Rosenspire A.J. et al., 2000]. Мы не рассматриваем здесь подробно все эффекты БД НИЛИ на уровне иммунной системы, но имеющиеся научные данные позволяют утверждать, что это влияние оказывается опосредованно и именно через $Ca^{2+}$-процессы. На способности импульсного ИК НИЛИ повышать активность иммунокомпетентных клеток при воздействии на тимус, лимфатические узлы и селезёнку [Брилль Г.Е., Бугаева И.О., 2005] базируются известные методики воздействия на проекции иммунокомпетентных органов.

О роли ионов кальция в механизмах БД НИЛИ известно давно. H. Friedmann и R. Lubart (1996) одними из первых обратили внимание на их роль в процессе «фотобиоактивации», в том числе и на возникновение волн распространения повышенной концентрации $Ca^{2+}$. Однако в процессе обсуждения полученных результатов ими были допущены ряд неточностей, приведших в итоге к совершенно неверным выводам. В частности, по совершенно непонятной причине как факт выдаётся ингибирование производства АТФ митохондриями повышенным уровнем $Ca^{2+}$, хотя это совершенно не так! В итоге в качестве первичного процесса опять постулируются АФК и АТФ-азная активность, в этом же ключе рассматривались и наблюдаемые этой же группой авторов колебания внутриклеточной концентрации $Ca^{2+}$ в цитозоле фибробластов, т. е. как вторичный процесс [Lubart R. et al., 1997]. Но на самом деле всё выглядит совершенно иначе.

Именно *внутриклеточное* повышение концентрации ионов кальция более эффективно *стимулирует* митохондриальную НАДФ·Н, чем искусственно созданный приток ионов извне [Rohács T. et al., 1997]. Более того, вообще не существует никакой корреляции между уровнем АТФ в клетках и транспорта $Ca^{2+}$ в клетку извне, активация работы митохондрий осуществляется только за счёт повышения концентрации $Ca^{2+}$ из внутренних источников [Breitbart H. et al., 1990; Singh J.P. et al., 1983; Volotovski I.D. et al., 1993], множество исследований подтверждают это (табл. 1.2). Итак, источником ионов кальция служит не внешняя среда и поступление их через активированные каналы извне, как утверждают некоторые авторы, упомянутые в предыдущей главе, а только внутриклеточные депо. Эта простая и очевидная истина должна быть понятна всем.

Все факты свидетельствуют в пользу того мнения, что действие НИЛИ неспецифично, активация внутриклеточных депо происходит за счёт возникновения локального температурного градиента вследствие поглощения световой энергии. Искать в данном случае спектр действия абсолютно бессмысленно, поскольку точно такой же результат достигается и при воздействии на клетки совершенно в других диапазонах ЭМИ или на фоне постоянного магнитного поля. Например, методом конфокальной микроскопии показано, что микроволновое излучение низкой интенсивности (36,6 ГГц или 8,19 мм,

*Таблица 1.2*

**Повышение концентрации $Ca^{2+}$ в цитозоле из внутриклеточных депо под действием НИЛИ (прямые измерения)**

| Тип клетки | Метод исследования | Длина волны НИЛИ, нм | Ссылка |
|---|---|---|---|
| Культура клеток HCT8 | Конфокальная флуоресцентная микроскопия | – | Le S.V. et al., 2002 |
| Гипокамп | Конфокальная флуоресцентная микроскопия | 488 | Walker J.B. et al., 2005 |
| Фибробласты | Конфокальная флуоресцентная микроскопия | 633, 647 | Alexandratou E. et al., 2002 |
| Фибробласты | Конфокальная флуоресцентная микроскопия | 540, 633 | Lubart R. et al., 1996, 1997, 2005 |
| Лимфоциты | Флуоресцентная микроскопия | 633 | Смольянинова Н.К. и др., 1990 |
| Лимфоциты | Флуоресцентный зонд | 633 | Толстых П.И. и др., 2002 |
| Лимфоциты человека, корковые нейроглиоциты | Конфокальная флуоресцентная микроскопия | 532, 633, 652, 810, 1300, 1520 | Tong M. et al., 2000 |
| Гепатоциты, митохондриальный потенциал | – | 633 | Greco M. et al., 2001 |
| Эндотелиальные клетки, $Ca^{2+}$-АТФаза | – | 633 | Nasu F. et al., 1989 |
| $Ca^{2+}$-зависимая адгезия тромбоцитов | – | 633 | Petrischev N.N., Nemerov M.I., 1996 |
| Эритроциты, деформируемость мембран | – | 633 и 532 | Mi X.Q. et al., 2004 |
| Сперматозоиды | Фильтрационная техника | 633, 780 | Lubart R. et al., 1992 |
| Сперматозоиды крыс, оплодотворение | – | 633 | Cohen N. et al., 1996 |
| Тучные клетки RBL-2H3 | Флуоресцентный зонд | 633 | Wu Z.-H. et al., 2010 |
| Макрофаги | Флуоресцентный зонд | 660, 820, 870 | Young S.R. et al., 1990 |
| Культура клеток HeLa | Конфокальная флуоресцентная микроскопия | 780 | Iwanaga S. et al., 2006 |
| Бычьи эпителиальные клетки | Конфокальная флуоресцентная микроскопия | 780 | Baumgart J. et al., 2010 |
| Растительные клетки (овёс) | Конфокальная флуоресцентная микроскопия | 812 | Volotovski I.D. et al., 1993 |
| Нейтрофилы человека | Конфокальная флуоресцентная микроскопия | 812 | Løvschall H. et al., 1994 |
| Остеобласты | – | 830 | Fujimoto K. et al., 2010 |
| Остеобласты | Конфокальная флуоресцентная микроскопия | 1064 | Chellini F. et al., 2010 |
| Гладкомышечные клетки сосудов (VSMCs) | – | – | Maegawa Y. et al., 2000 |

плотность мощности 0,1 мВт/см$^2$, экспозиция 10 с) повышает концентрацию $Ca^{2+}$ в клетках буккального эпителия человека, максимум достигается через 5 мин после начала воздействия в цитоплазме, и больше всего в ядре клетки [Пасюга В.Н. и др., 2013].

Косвенно в пользу предположения о первичном механизме БД НИЛИ в виде термодинамического запуска $Ca^{2+}$-зависимых процессов также говорят исследования, в которых показана оптимальная экспозиция, совпадающая с полупериодом распространения волн повышенной концентрации ионов (табл. 1.3). Эта тема более подробно обсуждается в заключительной части книги, посвящённой биоритмам и хронобиологическим подходам в лазерной терапии.

*Таким образом, буквально всё свидетельствует в пользу нашей модели первичного механизма БД НИЛИ, объясняющей его запуском каскада вторичных $Ca^{2+}$-зависимых процессов, опосредованно и абсолютно неспецифично, через*

*Таблица 1.3*

**Оптимальная экспозиция 100 или 300 с для достижения максимального результата БД НИЛИ**

| Тип клетки | Результат БД | Длина волны, нм | Ссылка |
|---|---|---|---|
| Клетки буккального эпителия человека | Пролиферация | 812 | Loeveschall H., Arenholt-Bindslev D., 1994 |
| *Escherichia coli* | Пролиферация | 633, 1064, 1286 | Karu T. et al., 1994 |
| Фибробласты | Пролиферация | 540, 633 | Lubart R. et al., 1993, 2005 |
| Фибробласты | Пролиферация | 633 | Rigau J. et al., 1996 |
| Фибробласты | Повышение концентрации $Ca^{2+}$ | 633 | Lubart R. et al., 1997 |
| Кератиноциты | Увеличение IL-1$\alpha$ и IL-8 производства и экспрессии мРНК | 633 | Yu H.S. et al., 1996 |
| Макрофаги | Пролиферация | 633 | Hemvani N. et al., 1998 |
| *Escherichia coli* | Пролиферация | 890 | Жаров В.П. и др., 1987 |
| Линия клеток HeLa | Митотическая активность | 633, 658, 785 | Yang H.Q. et al., 2012 |
| Миобласты C2C12 | Пролиферация, жизнеспособность | 660, 780 | Ferreira M.P.P. et al., 2009 |
| Фибробласты, *Escherichia coli* | Пролиферация | 660 | Ribeiro M.S. et al., 2010 |
| *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* | Пролиферация | 467 | Подшибякин Д.В., 2010 |
| Гипокамп | Эпилептиформная активность | 488 | Walker J.B. et al., 2005 |
| Нейтрофилы человека | Повышение концентрации $Ca^{2+}$ в цитозоле | 812 | Løvschall H. et al., 1994 |

*создание температурного градиента, активирующего внутриклеточные депо с последующим высвобождением ионов кальция из них.*

Теперь, когда перед нами представлена достаточно полная картина механизмов БД НИЛИ, можно получить ответы на некоторые вопросы.

Например, чем объяснить энергозависимый с выраженным максимумом (двухфазный) характер лазериндуцированных эффектов? При увеличении ЭП растёт и температурный градиент, что вызывает усиление высвобождения ионов кальция из депо, но как только их концентрация в цитозоле начинает превышать некий критический уровень, включаются механизмы закачивания (возврата) их в депо, и эффект, связанный с активацией $Ca^{2+}$-зависимых процессов, исчезает.

Почему в импульсном режиме эффект выше, при ЭП, в 100–1000 раз меньших, чем при непрерывном режиме работы лазера? Потому что время термодинамической релаксации макромолекул ($10^{-12}$–$10^{-13}$ с) значительно меньше длительности импульса ($10^{-7}$ с), и очень короткий, в нашем понимании, световой импульс мощностью в несколько ватт вызывает больший температурный градиент, чем непрерывное излучение в единицы *милли*ватт.

Почему оптимальное время воздействия находится в диапазоне 100–300 с (2–5 мин)? Это полупериод распространения волн повышенной концентрации ионов кальция, и синхронизацией внешнего воздействия с полупериодом этого процесса (100 с) достигается максимальный результат. Тема также подробно обсуждается в последней части книги.

Разработанная нами модель позволяет не только объяснить уже имеющиеся факты, но и делать очень важные прогнозы о способах повышения эффективности лазерной терапии, прогнозировать результат влияния НИЛИ на физиологические процессы при изменении методики. Именно этому и посвящена вся книга, разъяснению того, какие параметры методик и как можно менять, чтобы максимально повысить эффективность лазерной терапии.

Таким образом, методы системного анализа позволили показать, что в биологических (терапевтических) эффектах НИЛИ в качестве первичного действующего фактора выступает термодинамический сдвиг (возникновение локального градиента температуры), приводящий к высвобождению $Ca^{2+}$ из внутриклеточного депо с последующей активацией $Ca^{2+}$-зависимых биохимических и физиологических процессов. Причём направленность этих ответных реакций может быть различна, что определяется ЭП и локализацией воздействия, а также исходным состоянием организма (клетки).

Индуцированное увеличение концентрации $Ca^{2+}$ носит локальный, кратковременный и периодический характер [Авдонин П.В., Ткачук В.А., 1994]. В табл. 1.4 представлены результаты всего лишь небольшой части исследований, посвящённых возникновению колебаний концентрации $Ca^{2+}$ в цитозоле. Обратим внимание на некоторые интересные закономерности. Наблюдается не просто большой разброс значений периодов между максимумами в зависимости от выбранной модели и действующего внешнего фактора, но два их

*Таблица 1.4*

**Осцилляции ионов кальция в цитозоле клеток под воздействием различных факторов**

| Клетка | Стимул | Период колебаний, с | Метод регистрации | Литературный источник |
|---|---|---|---|---|
| Ацинарные клетки околоушной железы | Карбахолин | 5 | Фура-2 | Gray P.T.A., 1988 |
| Бета-клетки поджелудочной железы | Карбахолин | 12–25 | Фура-2 | Prentki M. et al., 1988 |
| В-лимфоциты | Антиген | 100 | Фура-2 | Wilson H.A. et al., 1987 |
| В-лимфоциты | Антиген | 100 | Индо-1 | Chused T.M. et al., 1987 |
| Гепатоциты | цАМФ | 5–12 (тип I) 60–240 (тип II) | Ток $K^+$ | Capiod T. et al., 1991 |
| Гепатоциты | Производные желчных кислот | 5–12 (тип I) 60–240 (тип II) | Ток $K^+$ | Capiod T. et al., 1991[(1)] |
| Гепатоциты | Вазопрессин, фенилэфрин, ангиотензин II | 18–240 | Экворин | Woods N.M. et al., 1986 |
| Гепатоциты | Фенилэфрин, вазопрессин | Одиночные, 12–120 | Фура-2 | Rooney T.A. et al., 1989 |
| Гепатоциты | Фенилэфрин, АТФ | 80–120 | Экворин | Perc M. et al., 2008 |
| Гладкомышечные клетки | Фенилэфрин, гистамин | 30–48 | Фура-2 | Ambler S.K. et al., 1988 |
| Гонадотропные клетки гипофиза | Гонадолиберин | 6 | Фура-2 | Shangold et al., 1988 |
| Кардиомиоциты | Риадонин и кофеин | 1,3–5 | Экворин | Kort A.A. et al., 1985 |
| Клетки HeLa | Стимуляторы рецепторов глутамата и гистамина | 20–45 | Инозитол 1,4,5-трифосфат ($IP_3$) | Matsu-ura T. et al., 2006 |
| Клетки HeLa | Кемпферол | 100–120 | Фура-2 | Vay L. et al., 2007 |
| Макрофаги и нейтрофилы | Распространение (распластывание) | Одиночные, 10–40 (средний 29 с) | Фура-2 | Kruskal B.A., Maxfield F.R., 1987 |
| Симпатические нейроны | Кофеин | 120 | Ток $K^+$ | Kuba K., 1980 |
| Симпатические нейроны | Деполяризация и кофеин | 60–120 | Фура-2 | Lipscombe D. et al., 1988 |
| Фибробласты | Кемпферол | 100–120 | Фура-2 | Vay L. et al., 2007 |
| Эндотелиальные клетки | Гистамин | 20–125 | Фура-2 | Hallam T.J. et al., 1988 |
| Яйцеклетки хомячка | Оплодотворение | 55 | Экворин | Miyazaki S. et al., 1986 |
| Яйцеклетки хомячка | Тимеросал | 100–300 | Ток $K^+$ | Swann K., 1991 |

типа, «быстрый», с периодом около 5 с, и «медленный», с периодом около 100 с. Практически во всех исследованиях выявлено изменение периода колебаний при варьировании концентрацией действующего вещества, тогда как после освечивания НИЛИ период 100 с остаётся неизменным в широком диапазоне энергий. Это свидетельствует в пользу той версии, что процессы высвобождения ионов кальция из специфических $Ca^{2+}$-связывающих центров и неспецифических внутриклеточных депо имеют существенные и принципиальные различия по своей кинетике.

Большая часть наблюдений показывает нестабильную периодичность волн $Ca^{2+}$, зависящую от концентрации инициирующего процесс агента. По мнению A. Skupin с соавт. (2008), зарождение их с регулярным и стабильным режимом лишь случайность, поскольку сам процесс возникновения стохастический автоколебательный, чем объясняется апериодичность процесса в большинстве наблюдений. Однако при внимательном изучении результатов многочисленных исследований создаётся впечатление, что существуют генераторы как с неизменными ($\tau_{const} = 1/f_{const}$), так и с варьируемыми полупериодами ($\tau_{var} = 1/f_{var}$) постоянных колебаний распространения волн. Первые, «стабильные» генераторы активизируются воздействием неспецифических внешних факторов, например, ЭМИ, второй тип специфически связан с агонистами различных рецепторов (самый известный $IP_3$). Взаимодействием двух генераторов и определяется широкий спектр изменений, как в периодичности, так и в амплитуде волн, а итоговый полупериод является результатом сложения или вычитания (зависит от фазы колебаний) нескольких периодов.

$$T_i = 1/f_{const} \pm 1/f_{var1} \pm 1/f_{var2} \pm \ldots$$

Под генератором ионов кальция подразумевается их депо и система высвобождения-закачки (насосы). В итоге может реализоваться любой вариант, от возникновения волны $Ca^{2+}$ с постоянным полупериодом до многочастотной модуляции. Аналогичные выводы, близкие к нашей позиции, сделаны и рядом других авторов [Haberichter T. et al., 2001].

Известны многочисленные попытки математического моделирования этого процесса, некоторые из них, безусловно, представляют интерес, например, в отношении промежуточного метаболизма [Иваницкий Г.Р. и др., 1978], но общую концепцию, объединяющую и объясняющую все известные закономерности, создать пока не удалось. Основная проблема заключается именно в том, что колебания концентрации $Ca^{2+}$, даже в клетках одного типа, имеют существенно различающуюся и меняющуюся периодичность, а это может быть объяснено только разнообразием, как депо, из которого кальций выходит, так и механизмов его высвобождения (предположительно их два). Рассмотрим некоторые из этих моделей, а также собственную, разработанную для частного случая $Ca^{2+}$-зависимого синтеза АТФ митохондриями.

## *Математические модели колебания концентрации $Ca^{2+}$*

Разными авторами, в том числе и нами, был выявлен ряд закономерностей, характеризующих интенсивность высвобождения $Ca^{2+}$ из внутриклеточных депо под влиянием различных внешних факторов, и подчёркиваем особо – это могут быть самые различные электромагнитные поля, не только НИЛИ. В результате анализа многих фактов возникло предположение, позднее переросшее в полную уверенность, что необходимо шире взглянуть на проблему. Огромный эмпирический опыт и данные многочисленных исследований настоятельно требуют обобщения наблюдаемых закономерностей не только в виде общих постулатов (это нами сделано достаточно давно), но формализовать концепцию уже в более точной математической модели.

С каждым годом, всё детальнее изучая, казалось бы, частный случай лазериндуцированного термодинамического запуска $Ca^{2+}$-зависимых процессов, мы убеждаемся, что имеем дело с универсальным и фундаментальным явлением, электромагнитным взаимодействием в биологических системах, определяющим не только рассматриваемый нами, но и многие другие механизмы физиологического регулирования. И речь идёт не только о клетках, эти принципы самоорганизации успешно реализуются и на более высоких уровнях живого.

Математические методы в биологии и медицине используются достаточно активно, в том числе предложено множество математических моделей, описывающих различные физиологические процессы. В большинстве случаев признанные и используемые в практической работе математические формулы или система уравнений описывают конкретный биологический механизм. Тогда как обобщённые модели, предполагающие описание большого числа процессов биологического регулирования в их взаимодействии и взаимовлиянии, пока остаются лишь интересными, но не востребованными гипотезами. Мешают избыточно сложный и малопонятный математический аппарат, и самое главное, несоответствие результатов расчётов наблюдаемым на практике закономерностям. «Формулу жизни» вывести ещё никому не удалось вследствие очевидно исключительной сложности поставленной задачи. Однако, на наш взгляд, описать относительно простыми формулами один локальный физиологический процесс, который, скорее всего, окажется по принципу своего регулирования идентичным другим, вполне возможно.

Концентрация свободного цитоплазматического кальция регулируется не только трансмембранным переносом, но и в значительной степени его обратимым связыванием со специфическими группами ряда белков в цитоплазме. При этом процесс диссоциации имеет автокаталитический характер. Связывание кальция обусловливает его низкую, по сравнению с другими малыми ионами, диффузионную подвижность и вследствие этого возможность поддержания значительных градиентов в пределах клетки. В совокупности известных фактов усматривается наличие в динамике кальция обратных связей.

Продуктом этих связей может быть, в частности, и спонтанная электрическая поляризация клетки, а также более сложные пространственно-временные режимы автоволнового поведения, свойственные активным средам. Такие режимы проявляются в отдельных клетках и клеточных коллективах и играют существенную роль в организации развития многоклеточных организмов. В данной области физическая теория должна прояснить природу различных наблюдаемых форм механо-химической активности клеток, но пока ещё предстоит сделать много больше, чем уже сделано [Белинцев Б.Н., 1991].

Вне всякого сомнения, колебания концентрации $Ca^{2+}$ происходят в соответствии с основными принципами гиперцикла, в котором наличие первичного продукта, вторичного продукта и катализатора являются обязательными условиями возникновения колебательного процесса самоорганизации [Эйген М., Шустер П., 1982]. В этой системе внешнее влияние рассматривается исключительно как фактор, запускающий процесс автоколебаний с начальными условиями, либо незначительно меняющий параметры системы (при отсутствии условия взаимодействия). Такой механизм вполне удовлетворительно позволяет объяснить наблюдающиеся закономерности относительно временны́х периодов колебания $Ca^{2+}$ (табл. 1.3 и 1.4), поскольку собственный полупериод распространения волн 100 с неизменен, начальные условия системы не зависят от внешнего действующего фактора.

Несколько иной подход лежит в основе известной модели магнитного параметрического резонанса [Леднёв В.В., 1996; Lednev W., 1991], в которой все процессы описываются через взаимодействие переменного магнитного поля, соответствующей поляризации колебаний $Ca^{2+}$-осциллятора. Вводится понятие циклотронной частоты, нелинейно связанной с амплитудой магнитного поля. Эти теоретические работы имеют экспериментальное подтверждение, например, объясняют нелинейную зависимость эффекта (развитие $Ca^{2+}$-зависимых процессов) от частоты модуляции и амплитуды действующего ЭМИ. Но исключительно для переменных и слабых (единицы и доли мкТл) магнитных полей. Как работает подобный механизм в постоянном магнитном поле или под действием НИЛИ, которое вообще не имеет, как известно, магнитной составляющей, непонятно. Вызывает вопросы и само требование к наличию цикличности, обязательного условия осуществления взаимодействия (в 4-й части книги этот вопрос рассмотрен подробнее). Но эмпирически показанные закономерности именно для магнитного поля сверхнизкой индукции наводят на мысль, что в данном случае описывается взаимодействие со специфически $Ca^{2+}$-связывающими центрами.

Модель именно таких процессов предложена и описана G. Dupont и A. Goldbetter (1989, 1992), рассматриваются приток и отток кальция в клетку (рис. 1.27) через плазматическую мембрану (константы скоростей $v_1$ и $v_2$, соответственно); гормонально активируемое освобождение кальция из пула (скорость $v_3$); активный транспорт цитозольного кальция в пул ($v_4$), освобождение кальция из пула, активируемое цитозольным кальцием ($v_5$); свободный

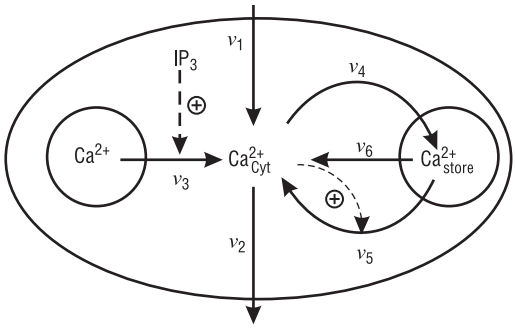



*Рис. 1.27.* Схема процессов, приводящих к внутриклеточным колебаниям кальция, $IP_3$ (инозитол1,4,5-трифосфат) – фермент, стимулирующий колебания концентрации кальция (Dupont G., Goldbeter A., 1989)

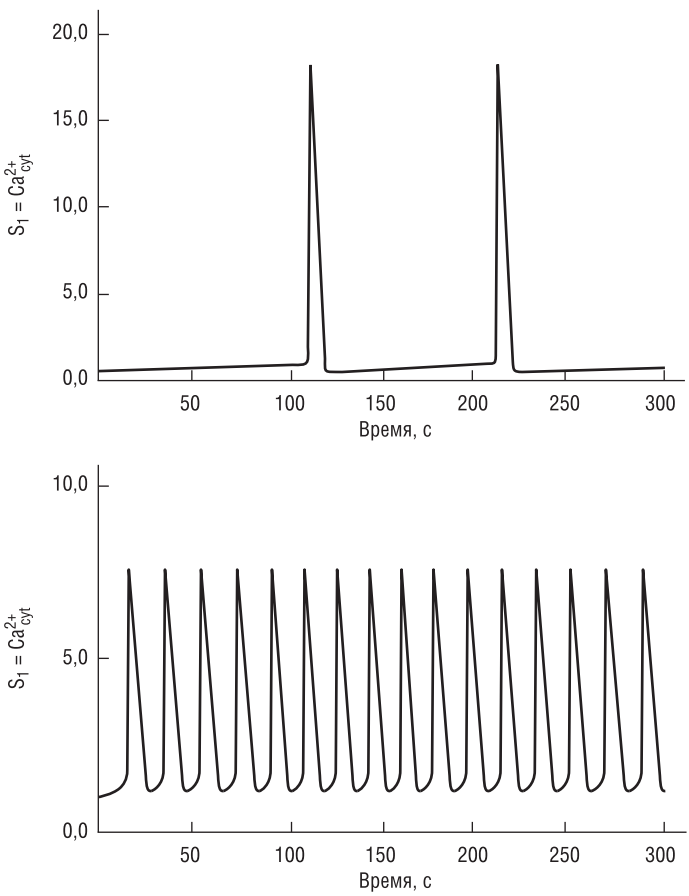



*Рис. 1.28.* Модель внутриклеточных колебаний кальция, кинетика концентрации кальция при различных константах (Dupont G., Goldbeter A., 1989)

отток кальция из пула в цитозоль ($v_6$). Формализуется двумя дифференциальными уравнениями:

$$\frac{dS_1}{dt} = v_1 - v_2 + v_3 - v_4 + v_5 + v_6; \quad \frac{dS_2}{dt} = v_4 - v_5 - v_6,$$

где $S_1$ – концентрация кальция в цитозоле, $S_2$ – концентрация кальция в гормонально-чувствительном пуле.

Модель вполне уверенно предсказывает колебания концентрации кальция во времени, по форме, близко к экспериментальным данным (рис. 1.28), многолетний опыт показал её состоятельность в отношении именно $IP_3$-зависимого механизма регулирования концентрации ионов кальция в цитозоле [Dupont G., Combettes L., 1992, 2009; Dupont G. et al., 1990].

## *Математическая модель термодинамического запуска лазерным светом $Ca^{2+}$-процессов*

Задача оказывается не такой уж и сложной, если её рассматривать в рамках модели «чёрного ящика», свойства которого подлежат изучению. При изменении входного меняется и выходной сигнал, происходит это по закону, который задаётся внутренними свойствами «чёрного ящика», его функцией. Термин «чёрный ящик» подразумевает не только отвлечённость от процессов, происходящих внутри его (изучаем общие закономерности), но *независимость*, подчеркнём это, свойств самой системы от внешнего воздействия. Можно провести такую аналогию. Когда мы управляем автомобилем, то не задумываемся над происходящими внутри его процессами, не меняем принцип работы двигателя и системы управления, зато знаем, что произойдёт, если нажать на педаль или повернуть руль. Так и лазерный свет, не меняя структур и механизмов регулирования в живой клетке, позволяет влиять на активность и направленность биологических процессов. Понять общие закономерности управления биологической системой позволят НИЛИ, в данном случае как своего рода способ диагностики, «лазер-тест». По ответному сигналу системы можно изучить принципы её работы, знание которых необходимо, чтобы прогнозировать затем результат этого же воздействия, но уже с лечебными целями. Это наша основная задача.

Влияние внешнего действующего фактора на результат отклика живой клетки и есть базовая, основная функция, которую требуется формализовать. В нашем случае речь идёт о зависимости биологически значимого отклика (эффекта, выходного сигнала) от энергетических (в первую очередь) и других параметров лазерного воздействия (входной сигнал). На самом деле мы будем исследовать две теснейшим образом связанные друг с другом закономерности, первая из которых описывает эффективность работы системы при различной ЭП НИЛИ, вторая – процесс (зависимость от времени) распространения

волн повышенной концентрации $Ca^{2+}$ в результате внешнего воздействия. Это следствие высказанного нами ранее предположения о прямой связи между концентрацией ионов кальция в цитозоле и результатом БД НИЛИ. Если такой подход окажется верным, то подобная закономерность должна проявляться и в математической модели, например, в факте нелинейной зависимости ЭП-эффекта от времени экспозиции и колебательных процессов с известными полупериодами. Сформулируем основные свойства функций.

Известная зависимость эффекта от ЭП НИЛИ характеризуется наличием одного максимума, что может быть объяснено только взаимодействием двух разнонаправленно действующих регулирующих механизмов. В этом смысле ничего нового мы не видим, почти всё в биологических системах контролируется через периодически сменяющиеся процессы активации и ингибирования. В нашем случае это результат работы внутриклеточных генераторов, то высвобождающих в результате какого-либо воздействия (сигнала) кальций из депо в «свободный доступ», то закачивающих назад избыток ионов. Такой механизм позволяет активизировать при необходимости $Ca^{2+}$-зависимые процессы, но ограничивает верхний предел конечного результата. Теоретически кальция может высвободиться в сотни раз больше, чем это происходит на самом деле, существующий гигантский запас, но в норме происходит повышение концентрации ионов в 10–30 раз, не более.

Для анализа мы ограничиваем диапазон оптимальных энергетических параметров входного сигнала ($U_{вх}$) одним порядком, т. е. при изменении ЭП ($U_{вх}$) в 10 раз от начального значения, эффект (конечный результат) успевает достичь максимума и опять снизиться до минимального значения. Фактически этот диапазон может быть значительно шире и уже в зависимости от свойств лазерного света и методики (см. другие части книги), для упрощения процесса моделирования мы выбрали самый простой вариант, непрерывный режим работы лазера.

Вторая зависимость – волнообразное изменение концентрации $Ca^{2+}$ во времени [Alexandratou E. et al., 2002] (рис. 1.26), очевидно, описывает результат запуска автономного стабильного генератора, эффективность работы которого (предельная концентрация высвобождаемых ионов кальция) регулируется внешним сигналом. Чем выше амплитуда волн концентрации ионов, тем значительнее конечный результат и эффективность воздействия НИЛИ.

Качественно опишем этот процесс в терминах выбранной нами модели исследования. После освечивания имеет место изменение выходного сигнала в виде двух максимумов. Имеется базовый уровень сигнала (постоянная величина, исходный уровень концентрации $Ca^{2+}$) – $U_0$. Внешний принципиальный вид функции в виде двух максимумов («двугорбый верблюд») не зависит от параметров входного сигнала, первый максимум наблюдается всегда и строго через 100 с, а второй через 300 с, полупериод 100 с – постоянная величина. В зависимости от уровня входного сигнала $U_{вх}$ меняется амплитуда выходного сигнала $U_{вых}$, т. е. максимумов $U_{max1}$ и $U_{max2}$, но сохраняются все пропорции.

Этот процесс вызывает постепенное увеличение сигнала, достижение максимума и дальнейшее снижение.

Уже достаточно давно H. Friedmann и R. Lubart (1996), объясняя закономерности БД НИЛИ, высказали предположение, что повышение концентрации $Ca^{2+}$ в митохондриях действует разнонаправленно, не только стимулируется работа дыхательной цепи митохондрий, но при превышении определённого уровня концентрации ионов всё большая часть НАДФ·Н тратится на откачку избыточного кальция, что замедляет производство АТФ. При этом скорость откачки является нелинейной функцией относительно концентрации $Ca^{2+}$. Есть латентный временной период, когда продукция АТФ, связанная с величиной редокс-потенциал митохондрий ($\Delta\Psi_m$), и активность ионного насоса или АТ-Фазы, сбалансированы, затем происходит увеличение электрохимического градиента $Ca^{2+}$, ускоряется приток ионов, возникает второй пик концентрации $Ca^{2+}$ в цитозоле и начинается новый цикл колебаний.

Имеются и прямые экспериментальные доказательства синхронизирующей роли энергозависимого митохондриального транспорта $Ca^{2+}$ на амплитуду и скорость распространения концентрационных волн $Ca^{2+}$ в цитоплазме живых клеток. Показано, что энергозависимый транспорт $Ca^{2+}$, а также выброс $Ca^{2+}$ в митохондриях является составной частью механизма усиления внутриклеточных $Ca^{2+}$-сигналов, необходимого для генерации, поддержания и синхронизации распространяющихся волн свободного $Ca^{2+}$ в цитоплазме клеток [Холмухамедов Э.Л., 2008].

Рассмотрим теоретическую модель функционирования механизма $Ca^{2+}$-зависимой циклической системы активации митохондрий под влиянием внешнего действующего фактора. Она представляет интерес по той простой причине, что любые внутриклеточные процессы требуют энергетических затрат и напрямую связаны с наличием резерва энергии.

Конечно, интересно было бы рассмотреть модель шире, включить в неё и синтез белка, без которого не обходятся все остальные реакции на клеточном уровне (пролиферация и пр.). Но тогда придётся перейти на другой уровень временны́х периодов, что крайне затруднительно, поскольку, как известно, эти биологические процессы имеют околочасовую периодичность [Бродский В.Я., Нечаева Н.В., 1988]. Кроме того, рассмотрение только энергетического обеспечения без учёта других механизмов, влияющих на синтез белка, не только проще, но также оправдано с точки зрения возникающих трудностей в определении всех взаимодействующих факторов. Возможно, эта задача будет решена позже.

Формализуем модель «ЭП–$Ca^{2+}$–$\Delta\Psi_m$–АТФ», для чего введём условные обозначения (рис. 1.29): $X$ – уровень АТФ, $Y$ – редокс-потенциал митохондрий ($\Delta\Psi_m$), $Z$ – концентрация $Ca^{2+}$, $P$ – энергетическая плотность, равная $\frac{P_{ср}}{S} \cdot t$ (1.1), $k_1$ … $k_5$ – постоянные коэффициенты, определяемые справочными данными и в ходе теоретического эксперимента, $P_{ср.}$ – средняя мощность, S – площадь.

Сформулируем условия задачи. Скорость синтеза АТФ ($X$) пропорциональна $\Delta\Psi_m$ ($Y$).

$$\frac{dX}{dt} = k_1 \cdot Y. \tag{1.3}$$

Скорость высвобождения $Ca^{2+}$ ($Z$) в цитозоле пропорциональна интенсивности внешнего воздействия ($P$). С другой стороны, она также связана (условно) с уровнем концентрации АТФ ($X$), увеличение которого предопределяет падение концентрации $Ca^{2+}$ через описанные выше механизмы.

$$\frac{dZ}{dt} = k_2 \cdot t - k_3 \cdot X, \tag{1.4}$$

где $k_2 = k_0 \cdot \frac{P_{cp}}{S}$.

Увеличение редокс-потенциала митохондрий $\Delta\Psi_m$ ($Y$) также зависит от концентрации $Ca^{2+}$ ($Z$), а снижение $\Delta\Psi_m$ ($Y$) пропорционально его же уровню.

$$\frac{dY}{dt} = k_4 \cdot Z - k_5 \cdot Y. \tag{1.5}$$

Мы получили систему линейных дифференциальных уравнений, описывающую процесс усиления синтеза АТФ и повышения энергетики в живой клетке под влиянием внешнего физического фактора (например, НИЛИ), который схематично представлен на рис. 1.29. В данной модели присутствуют как активизирующие, так и ингибирующие факторы, влияющие на конечный результат. Наличие конкурирующих механизмов обеспечивает цикличность и обратимость процессов, наблюдаемых в эксперименте.

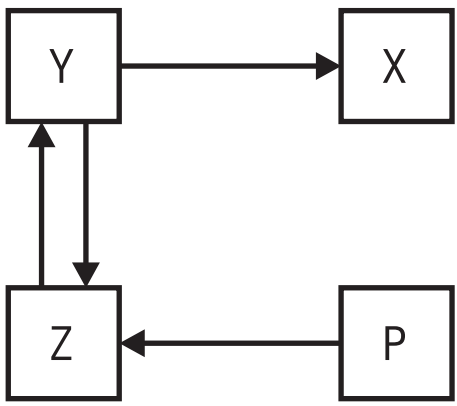



*Рис. 1.29.* Формализуемая теоретическая модель функционирования циклической системы «ЭП–$Ca^{2+}$–$\Delta\Psi_m$–АТФ» (пояснения в тексте)

Зададим начальные и граничные условия.

В начальный момент времени ($t = 0$) отсутствует и внешнее воздействие ($P = 0$), система находится в равновесии, правые части всех уравнений равны нулю.

$$k_1 \cdot Y = k_2 \cdot P - k_3 \cdot Y = k_4 \cdot Z - k_5 \cdot Y = 0.$$

Поскольку в начальный момент времени концентрация $Ca^{2+}$ имеет известный базовый, минимальный уровень $Z_0^0$ (здесь и далее индекс вверху обозначает предельное значение параметра, индекс внизу – период времени в секундах), то:

$$k_4 \cdot Z_0^0 = k_5 \cdot Y_0^{\min}$$

или

$$Z_0^0 = \frac{k_5}{k_4} \cdot Y_0^{\min}. \qquad (1.6)$$

Определение в динамике процесса значений выбранных параметров, а также постоянных коэффициентов возможно в двух вариантах. Дело в том, что реальная биологическая система всегда работает с определённой задержкой, имеет место временно́й сдвиг на каждом этапе цикла, в нашем случае это взаимодействие в системе $Ca^{2+}$–$\Delta\Psi_m$–АТФ. Вопрос в том, как эти временны́е периоды соотносятся с общей длительностью цикла и насколько критичен данный показатель в рамках исследуемой модели (физиологически значим, если говорить о реальном процессе). Рассмотрим оба варианта.

В первом случае пренебрегаем временно́й задержкой и проводим оценочный анализ возможных решений системы уравнений, во втором варианте вводится сдвиг по времени как дополнительный фактор. Наиболее интересен частный случай решения задачи для НИЛИ в модулированном режиме, причём с переменной длительностью импульса и скважностью, когда функция $P(t)$ будет иметь дискретный характер. Решение системы уравнений возможно только численными методами.

Вариант 1. Система $Ca^{2+}$–$\Delta\Psi_m$–АТФ работает достаточно быстро, чтобы пренебречь временны́ми задержками на всех этапах.

Через известный нам из многочисленных экспериментов полупериод (100 с) концентрация $Ca^{2+}$ колеблется от минимального до максимального уровня после внешнего воздействия (для упрощения предельные значения будем считать неизменными): $Z_0^0 = Z_{200}^0 = Z_{400}^0$ и $Z_{100}^{\max} = Z_{300}^{\max}$.

Величина $\Delta\Psi_m$ ($Y$) и концентрация АТФ ($X$) достигают максимальных значений в тот момент, когда концентрация $Ca^{2+}$ ($Z$) примет минимальное значение, т. е. через 200 с от момента начала воздействия, при этом все производные становятся равны нулю:

$$k_1 \cdot Y_{200}^{\max} = k_4 \cdot Z_0^0 - k_5 \cdot Y_{200}^{\max} = 0$$

или

$$Z_0^0 = \frac{k_1 + k_5}{k_4} \cdot Y_{200}^{\max},$$

тогда из выражения (1.6) следует, что

$$Y_0^{\min} = \frac{k_1 + k_5}{k_5} \cdot Y_{200}^{\max}.$$

Значение интенсивности внешнего фактора оптимально при достижении уровня $Ca^{2+}$ ($Z$) максимального значения, т. е. через 100 с, тогда

$$k_2 \cdot P_{100}^{\max} - k_3 \cdot X_{100} = 0 \text{ или } k_2 \cdot P_{100}^{\max} = k_3 \cdot X_{100}.$$

Эти соотношения позволяют определить реальные коэффициенты, пользуясь, разумеется, также и справочными данными.

Численное решение системы уравнений 1.3–1.5 представлено на рис. 1.30.

При соответствии результатам экспериментов в целом у данного решения (модели) имеются совершенно очевидные недостатки, например, нет ограничения по временно́му фактору; невозможность введения переменной составляющей для расчёта влияния НИЛИ, модулированного по интенсивности.

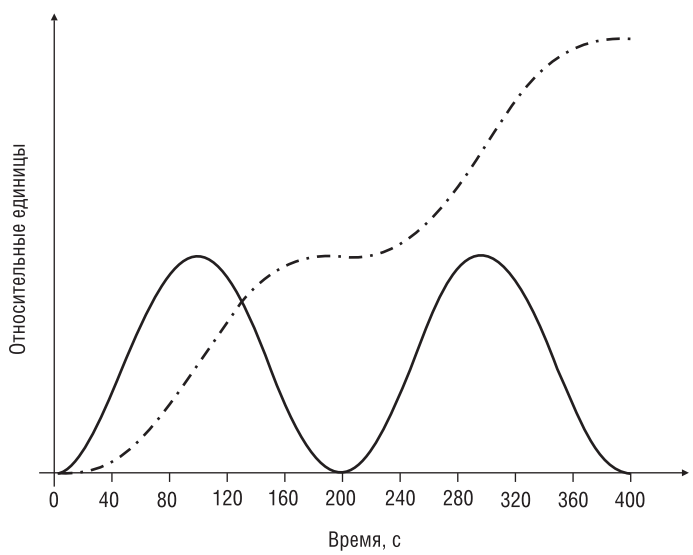



*Рис. 1.30.* Графики расчётов теоретической модели БД НИЛИ: сплошная линия – волны $Ca^{2+}$, штрихпунктирная – синтез АТФ

Уточнение и совершенствование предложенной модели в теоретической части исследований запланировано на ближайшее время.

Итак, для стимулирования работы митохондриального аппарата клетки, активации энергетических, пластических и пролиферативных процессов необходимо воздействовать синхронно с периодом распространения волн повышенной концентрации ионов кальция, т. е. 100 и 300 с (2 и 5 мин). Если необходимо индуцировать апоптоз, то наиболее оптимальное время воздействия составляет 200 с, как это показано К.Н. Игруновой с соавт. (2009). В остальных частях книги эти временные периоды будут встречаться очень часто, как обоснование оптимальной экспозиции, энергетической плотности и хронобиологических принципов повышения эффективности лазерной терапии.

## *Выводы*

1. Первичным механизмом биологического (терапевтического) действия НИЛИ является термодинамический запуск $Ca^{2+}$-зависимых процессов, как на клеточном, так и на тканевом уровне. Это единственный *первичный* механизм и единственная модель, предельно корректно объясняющая все имеющиеся эффекты и закономерности в данной области науки и практики.

2. Все лазериндуцированные биологические процессы являются $Ca^{2+}$-зависимыми: усиление синтеза АТФ, пролиферация, экзоцитоз и пр.

3. Вторичные процессы, инициируемые первичным воздействием, являются нормальными, естественными механизмами саморегуляции организма и саногенеза. Лазерный свет лишь устраняет барьеры для их реализации.

4. Энергозависимый характер БД НИЛИ и достаточно узкие диапазоны задаваемых параметров воздействия объясняются принципом работы внутриклеточных кальциевых депо, которые при превышении предельно допустимого уровня концентрации $Ca^{2+}$ начинают работать как насосы, закачивая назад избыточные ионы. Поэтому исключительно важно задавать параметры методики максимально точно и полно.

5. Лазерный свет благодаря своей монохроматичности способен инициировать возникновение значительных локальных температурных градиентов и способствовать более активному высвобождению $Ca^{2+}$, что определяет его более высокую эффективность по сравнению с некогерентными и широкополосными источниками света.

6. При воздействии НИЛИ мы имеем дело с саморазвивающимся процессом, а не со стационарной системой. Это крайне важное обстоятельство позволяет совершенно иначе взглянуть на методологию лазерной терапии, в которой время воздействия (экспозиция) становится основным, ведущим фактором, определяющим эффективность отклика биологической системы на освечивание.

7. При увеличении ЭП растёт и температурный градиент, что вызывает усиление высвобождения ионов кальция из депо, но как только их концентрация

в цитозоле начинает превышать некий критический уровень, включаются механизмы закачивания (возврата) их в депо, и эффект, связанный с активацией $Ca^{2+}$-зависимых процессов, исчезает. Этим объясняется двухфазный характер лазериндуцированных биологических явлений.

8. Время термодинамической релаксации макромолекул ($10^{-12}$–$10^{-13}$ с) значительно меньше длительности импульсов ($10^{-7}$ с) наиболее часто применяемых в ЛТ импульсных лазеров, и очень короткий, в нашем понимании, световой импульс мощностью в несколько ватт вызывает больший температурный градиент, чем непрерывное излучение в единицы *милли*ватт. Этим обусловлена значительно более высокая эффективность импульсного лазерного света по сравнению с непрерывным режимом.

9. Полупериод распространения волн повышенной концентрации ионов кальция составляет 100 с для самых разных клеток, и синхронизацией внешнего воздействия с этим временем достигается максимальный результат. Этим объясняется оптимальная экспозиция 2 и 5 мин.

# Глава 1.5
# КАК ПРАВИЛЬНО ВЫБРАТЬ АППАРАТ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ

И скрипку, дивно выгнутую, в руки,
Едва дыша,
Я взял и слушал, как бежала в звуки
Её душа.

*Николай Гумилёв*

Самая высокая квалификация специалиста и лучшие методики лазерной терапии не позволят получить нужный результат, если в руках врача не будет хорошего и качественного инструмента – лазерного терапевтического аппарата. К выбору его надо подходить максимально тщательно, понимая, какие технические параметры важны, а какие нет. Об этом мы и поговорим.

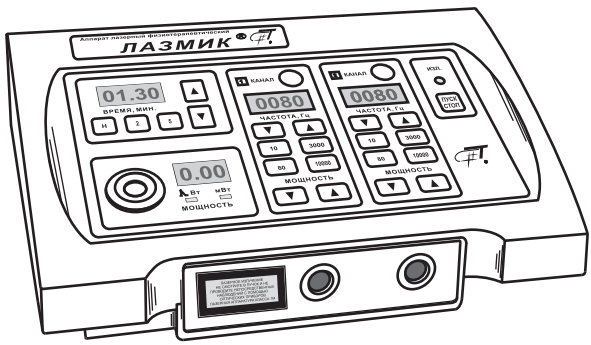
Основные принципы, которыми руководствуются сегодня разработчики при создании лазерной терапевтической аппаратуры, сформулированы относительно недавно, в последние годы получили значительный импульс развития, теперь ими руководствуются практически все производители [Москвин С.В., 2000(2); Moskvin S.V., 2001].

Универсальность, заложенная в современном «инструменте» врача или исследователя, позволяет с минимальными затратами удовлетворить многочисленные, иногда противоречивые требования врачей к лазерным терапевтическим аппаратам. Сами по себе эти пожелания вполне обоснованны. Во-первых, лазерная терапевтическая аппаратура используется в самых различных условиях: в поликлиниках, больницах, госпиталях, в машинах «скорой помощи», в полевых условиях различных природно-климатических зон и т. д. Во-вторых, широкий диапазон применения в самых разных областях медицины с реализацией множества методов воздействия предъявляет к аппаратуре специфические требования, соблюсти которые в одном приборе очень трудно или вообще невозможно. В-третьих, необходимо сочетать универсальность с простотой управления, малыми габаритами и массой.

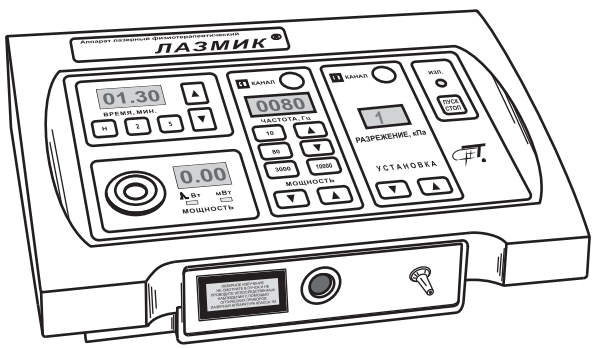
## *Блочный принцип построения*

Позволяет успешно решить эти задачи [Титов М.Н., Москвин С.В., 1993; Titov M.N. et al., 1993; Москвин С. и др., 1994]. В соответствии с этой концепцией аппаратура условно разделяется на четыре полностью совместимые и сочетаемые части: базовый блок, излучающие головки и насадки к ним, а также блок внешней модуляции. Блочный принцип построения был впервые реализован нами при разработке аппарата «Мустанг», который с 2000 года не выпускается. В настоящее время данная концепция развивается в рамках

а




б




в

*Рис. 1.31.* Различные варианты исполнения лазерных физиотерапевтических аппаратов «Лазмик»: а – «Лазмик-01», 2 лазерных канала; б – «Лазмик-03», 1 лазерный и 1 вакуумный канал; в – «Лазмик-02», 4 лазерных канала

новой серии аппаратов для лазерной физиотерапии ЛАЗМИК® (рис. 1.31). Основными отличительными особенностями новой серии аппаратов являются:

- максимальная частота 10 000 Гц;
- специальные, сверхнадёжные разъёмы ЛАЗМИК®, имеющие цветовую дифференциацию в зависимости от длины волны подключаемых излучающих головок;
- вариант исполнения с вакуумным каналом, позволяющий реализовывать эффективные методики лазерно-вакуумного массажа.

Базовый блок – основа каждого комплекта – представляет собой блок питания и управления. Основные его функции – задание режимов излучения и контроль параметров: частоты, времени сеанса, мощности излучения и др. К базовым блокам подключаются все лазерные излучающие головки, имеющиеся в комплекте, с которыми, в свою очередь, используются соответствующие лечебным методикам насадки.

При работе по известным (утверждённым) методикам, когда процедуру проводит медицинская сестра при большом потоке больных, предпочтительнее и более удобно пользоваться аппаратами, у которых реализован принцип «фиксированных параметров». На передней панели базового блока в этом случае расположен ряд кнопок с указанием над каждой значения параметра (частота, время и др.), задаваемого после нажатия кнопки. Необходимым атрибутом в этом случае является световая индикация конкретного значения, позволяющая убедиться в правильности заданного режима. Все подчиняется главному требованию к аппаратам – минимизация вероятности ошибки при задании режимов работы.

Небольшое число фиксированных параметров в аппаратах резко ограничивает их возможности. К сожалению, до сих пор выпускаются модели, у которых невозможно установить наиболее оптимальные значения таймера или частоты. В современных методиках используют несколько десятков частот и экспозиций, и понятно, что такое количество кнопок располагать на панели нецелесообразно, а минимальное их число не позволяет реализовать полноценно возможности лазерной терапии.

Проблема решается функцией «свободного выбора». В этом случае имеется всего несколько кнопок, задающих наиболее часто используемые значения, такие как 2 и 5 мин (таймер) и частоты 10, 80, 3000 и 10 000 Гц, что наилучшим образом реализовано в аппаратах серии ЛАЗМИК®. Дополнительно к базовым имеются кнопки «увеличить» и «уменьшить», последовательное нажатие которых позволяет выбрать соответственно меньшее или большее значение параметра. Таким образом, выбор параметров при необходимости осуществляется от фиксированных значений, которые вызываются простым нажатием соответствующей кнопки, с уточнением необходимого значения частоты или времени сеанса. Естественно, процесс контролируется по индикаторному табло.

Для контроля времени процедуры существует не только световая, но и звуковая сигнализация начала и окончания процедуры. После звукового сигнала, свидетельствующего о включении режима излучения, на табло отображения времени начинается его отсчёт. Если задано неограниченное время сеанса, то на табло высвечивается время, прошедшее с начала сеанса (прямой отсчёт). Если выбрано конкретное значение времени, то на табло высвечивается время, оставшееся до конца сеанса (обратный отсчёт).

Контроль параметров страхует от ошибок. Возможность вариации в широком диапазоне позволяет врачам и исследователям совершенствовать методологию и искать более эффективные комбинации параметров излучения [Илич-Стоянович О. и др., 1997].

К одному базовому блоку подключаются от двух до четырёх лазерных излучающих головок, но наиболее распространены двухканальные варианты аппаратов. *Одноканальные аппараты в профессиональной медицине не применяются*. Как правило, в арсенале современного врача есть несколько типов излучающих головок, позволяющих максимально полно реализовать возможности ЛТ. Нажатием кнопок выбирают необходимый излучатель, причём одновременно и в любой комбинации. Мощность излучения на каждом канале регулируется независимо. Наиболее часто используют одновременно две одинаковые импульсные лазерные излучающие головки (ЛО-904-15 с зеркальными насадками или матричные – МЛ-904-80 и МЛ-635-40): паравертебрально, на суставы с двух сторон, на проекцию сосудов симметрично и т. д. Это экономит время и повышает эффективность лазерной терапии. Поэтому 2 канала в аппарате – это необходимый минимум.

## Взаимозаменяемость излучающих головок и насадок

Позволяет каждому врачу в соответствии с конкретной задачей составлять оптимальный комплект оборудования или организовывать многофункциональные, высокоэффективные лечебные кабинеты. В этом основное преимущество блочного принципа построения аппаратуры. Раньше аппараты для ВЛОК производились со специальными разъёмами, к которым нельзя было использовать обычные излучающие головки для других методик ЛТ. Теперь ситуация изменилась: аппараты универсальны и излучающие головки полностью идентичны, это впервые реализовано в аппарате «Лазмик- ВЛОК», имеющем 2 независимых канала и все функциональные возможности обычного аппарата.

## Биологическая обратная связь

Медицинская аппаратура проектируется, как правило, на основе принципа последовательной обработки сигналов. Вместе с тем достаточно хорошо развита теория и практика технических систем и устройств с обратной связью. Результаты, полученные в области систем автоматического управления

и регулирования, могут и должны быть использованы при создании новой медицинской техники. Системы с обратной связью нового типа позволяют в режиме реального времени осуществлять измерение и контроль отдельных физиологических параметров, в соответствии с которыми формируется терапевтическое воздействие. Достаточно часто имеет место сочетание компонентов лечебной и некоторых элементов диагностической аппаратуры. Одним из перспективных подходов является применение биотехнической обратной связи, в которой контуру передаются электрические параметры, характеризующие биологическое (физиологическое) состояние объекта воздействия. На основе данной информации в соответствии с целевой функцией автоматически корректируется в реальном масштабе времени сигнал воздействия на пациента. Таким образом, осуществляются согласование параметров биообъекта и технических компонентов системы, выработка оптимального лечебного воздействия [Осипов А.Н. и др., 2002].

Одним из обязательных требований к современным лазерным терапевтическим аппаратам является возможность модуляции мощности лазерного излучателя от внешнего источника. Наиболее известен блок Матрикс-БИО в виде отдельного устройства, которое поставляется вместе с датчиками и обеспечивает модуляцию лазерного излучения частотами пульса и дыхания пациента с опорной изменяющейся по определённому закону частотой около 10 Гц [Пат. 2117506 RU]. Датчики пульса и дыхания подключаются к разъёму на задней панели блока БИО. В аппарате «Лазмик-БИО» блок модуляции встроен в базовый блок, а в комплект к аппарату прилагаются датчики пульса и дыхания.

## *Простота управления*

Необходимое требование к любой аппаратуре – от бытового прибора до самолёта. Если врач или медицинская сестра после длительного перерыва могут без обращения к инструкции по эксплуатации безошибочно работать с аппаратом, то это лучшим образом характеризует его. Другими критериями оценки простоты управления могут стать время на обдумывание действий, связанных с изменениями параметров настройки, и число совершённых при этом ошибок. Простота управления аппаратом тесно связана с эргономичностью. В любом случае должна быть обеспечена такая работа медицинского персонала, при которой все внимание сосредоточено на больном, на выполнении основной задачи – качественном лечении, при этом о технических действиях с самой аппаратурой можно было бы не задумываться.

Следствием обеспечения простоты управления и эргономичности является также высокая пропускная способность, что не только позволяет обслужить большее число больных, но и эффективнее проводить лечение, а также успешно работать в периоды катаклизмов: эпидемии, войны, стихийного бедствия и т. д. [Калинина Е.Е. и др., 1997].

Это требование вступает в противоречие с универсальностью и расширенным диапазоном возможных параметров, но решается наличием нескольких, самых часто используемых параметров в панели быстрого набора с возможностью дополнительной коррекции.

Предельным случаем упрощения является аппаратура для домашнего применения, когда строго обязательно, чтобы была лишь одна кнопка включения, причём без фиксации. Иначе возможный неконтролируемый выбор режима (если такая возможность предоставлена) не всегда будет соответствовать тому, который требуется для эффективного лечения.

Однако в профессиональной аппаратуре категорически не допускается упрощение, сводящееся к наличию нескольких кнопок, типа «Режим 1», «Режим 2» и т. д. ВСЕ параметры методики (длина волны, режим работы, частота, мощность, экспозиция) должны устанавливаться отдельно и обязательно контролироваться дополнительной индикацией.

## *Контроль параметров лазерного излучения*

Чрезвычайно важен для обоснованности применяемых методов воздействия, что обеспечивает наиболее качественное и эффективное лечение, а также для решения вопросов безопасности пациента и врача. Контролируют следующие параметры.

*Длина волны*. Этот параметр определяется типом лазера и указывается в документации заводом-изготовителем, на лазерных излучающих головках должна быть этикетка с указанием типа головки и длины волны. Дополнительной индикации на самом аппарате не требуется.

*Частота повторения импульсов излучения, или частота модуляции.* Задаётся на панели базового блока. Информация о точном значении частоты представляется на цифровом индикаторе в виде конкретных цифр. На головках непрерывного режима работы (тип КЛО) имеется кнопка включения режима модуляции.

*Время сеанса (таймер)*. Кроме требований, которые предъявляются к индикации частоты, необходимо обеспечить также звуковую индикацию начала и окончания сеанса.

*Контроль мощности лазерного излучения* особенно актуален при работе с инфракрасными лазерными головками, излучение которых невидимо, поэтому невозможно визуально даже определить их работоспособность. Снижение мощности лазеров видимого диапазона излучения можно ещё как-то заметить, но для инфракрасных лазеров проблема контроля и стоят значительно острее, т. е. контроль мощности нужен как минимум для обеспечения безопасности персонала и пациентов.

Использование измерителя мощности лазерного света в повседневной медицинской практике позволяет повысить качество контролируемости процедур, обеспечить эффективность лазерной терапии [Ефанов О.И., 2002].

Необходимо помнить, что на мощность НИЛИ могут оказывать влияние многие внешние факторы: изменение температуры окружающей среды или напряжения питания, выработка лазером своего ресурса, можно просто забыть снять защитную крышку с лазерной головки! Периодический контроль мощности излучения (средней и импульсной) необходим для обеспечения *оптимальной* энергетической плотности, поскольку неработающая излучающая головка не оказывает эффекта, а слишком мощное излучение лазера может оказать действие, прямо противоположное ожидаемому.

Широкий диапазон рекомендуемых энергетических параметров предполагает наличие контроля во время задания требуемой мощности. Поэтому требуется не только калибровка аппаратов при выпуске, но и обеспечение возможности достоверного измерения параметров в процессе эксплуатации [Ромашков А.П. и др., 1997]. В соответствии с ГОСТ Р 50267.22-02 лазерные аппараты всех типов обязательно должны иметь измеритель мощности излучения (фотометр). Он может быть встроенным или выносным, выполнен в соответствии с ГОСТ 24469-80 [Ромашков А.П., Москвин С.В., 2002].

Измерение мощности излучения лазеров – задача нетривиальная, простыми методами её решить не удаётся. На точность измерения влияют в первую очередь неравномерность и неповторяемость спектральных характеристик фотодиодов, их чувствительность может меняться на несколько десятков процентов [Аксененко М.Д., Бараночников М.Л., 1987]. К тому же зонная чувствительность по площадке фотодиода имеет большой разброс [Мартынюк А.С., Сачков А.В., 1988], что вносит дополнительную погрешность.

Значительные и специфические трудности возникают при разработке фотометров, обеспечивающих точные и воспроизводимые измерения мощности излучения диодных лазеров, вследствие особенностей пространственных и спектральных характеристик светового потока (большая расходимость, неравномерность, температурная зависимость длины волны излучения и др.) [Москвин С.В. и др., 1988]. Необходимая точность обеспечивается за счёт применения специальных и достаточно дорогостоящих методов: интегрирующие сферы, корригирующие фильтры по ГОСТ 9411-84, телецентрическая система стабилизации необходимого телесного угла и др. В этом случае удаётся достичь точности измерения 6–8% [А. с. 1441897 СССР; Москвин С.В. и др., 1989]. Относительно просто и недорого можно обеспечить погрешность измерения на одной длине волны средней мощности излучения лазеров – 20–25%, а импульсной – около 30–35%. Такие погрешности вполне достаточны для индикаторов (фотометров) в составе современной лазерной терапевтической аппаратуры.

У некоторых аппаратов измерение мощности заменено какими-то косвенными факторами: звуковая сигнализация, индикация условного ослабления мощности в процентах и др. Они просто бесполезны.

*Избыточная информация в виде дополнительных показаний фотометра или расчётов с последующей индикацией вредны для эффективности лазерной*

*терапии, поскольку лишь отвлекают от работы и вносят путаницу в процесс оптимизации параметров эффективной методики!*

Приведём несколько примеров.

Очень неприятными последствиями грозит наличие у аппарата, казалось бы, такой безобидной функции, как «контроль дозы», которая активно рекламируется некоторыми недобросовестными и безграмотными производителями. Надо понять раз и навсегда, что подобный «сервис» резко увеличивает вероятность ошибки со стороны медперсонала и может привести к заданию неверных параметров методики, к отсутствию в итоге эффекта или неадекватной реакции организма, дискредитации лазерной терапии в итоге.

Более того, в системе единиц измерения [ГОСТ 8.417-2002] *нет ни слова про «дозу», а использующие этот термин в лазерной терапии просто нарушают закон!* Мы уже говорили, что необходимо в публикациях по лазерной терапии и практике ежедневного общения исключить термины «облучать» и «доза» как несоответствующие принятым ГОСТ 8.417-2002 единицам измерения и необоснованно пугающие пациентов и медперсонал.

В медицинской карте при назначении процедуры для контроля должны быть указаны ВСЕ параметры методики *отдельно*: длина волны, режим работы, мощность, время экспозиции, площадь воздействия (метод воздействия) и частота для импульсных лазеров.

Почему же ВРЕДНО для ЭФФЕКТИВНОЙ лазерной терапии, а иногда и для пациентов, когда аппарат подсчитывает энергетическую плотность (так правильно называть этот параметр)? Продемонстрируем на различных вариантах задания параметров методики.

*Вариант 1.* ЭП может быть одинаковой (часто оптимальное значение именно 1 Дж/см$^2$) в трёх разных ситуациях (подразумевается контактно-зеркальная методика и эффективная площадь 1 см$^2$):

1. Мощность 1 мВт умножить на время экспозиции 1000 с (около 15 мин) = 1 Дж/см$^2$.
2. Мощность 1000 мВт умножить на время экспозиции 1 с = 1 Дж/см$^2$.
3. Мощность 10 мВт умножить на время экспозиции 100 с (около 1,5 мин) = 1 Дж/см$^2$.

Но эффект, положительный результат лечения будет ТОЛЬКО в 3-м случае, когда заданы все оптимальные параметры, да и то только для лазеров непрерывного режима работы с длиной волны 635 нм (красный спектр). В вариантах 1 и 2 не будет НИКАКОГО лечебного эффекта, для любого лазера и режима работы! Это следствие нелинейности соотношения указанных параметров, поскольку определяющим является время воздействия, связанное с периодом 100 с распространения волн повышенной концентрации $Ca^{2+}$ в клетках и тканях [Москвин С.В., 2008].

*Вариант 2.* Если использовать лазеры с разной длиной волны, то эффект при формально одинаковой энергетической плотности будет совершенно различный! Например, известно, что при ВЛОК с длиной волны 635 нм (крас-

ный спектр), мощность 2 мВт, оптимальное время воздействия 15–20 мин. Если такое же время экспозиции выбрать для воздействия НИЛИ с такой же мощностью, но с длиной волны 365 нм (УФ-спектр, лазерное УФОК), то будет явная «передозировка», и негативные последствия почти гарантированы. (При этом аппарат показывает, что всё хорошо, ЭП именно та, которая дана в рекомендациях.)

*Вариант 3.* Представим себе, что процесс подсчёта ЭП запущен, но при этом просто забыли включить нужный канал или с излучающей головки снять защитную крышку, а может, просто забыли лазерную головку разместить в нужном месте. Что тогда? Формально калькулятор подсчитал верно, «доза» якобы оптимальная, на индикаторе всё хорошо, а результат будет какой? Ответ очевиден, дискредитация метода.

*Вариант 4.* Как будет подробно показано в соответствующем разделе книги, важна энергетическая *плотность*, но аппарат рассчитывает только энергию, т. е. перемножает измеренную мощность на время, и всё. При различной методике (локализации) и расстоянии от области воздействия результаты могут существенно различаться.

*Вариант 5.* Для импульсных лазеров ЭП прямо пропорциональна частоте следования импульсов, поскольку от неё зависит средняя мощность. То есть появляется ещё один фактор влияния на результат лечения. Кроме того, для импульсных лазеров ЭП значительно (в 100–1000 раз) меньше. В этом случае возникает дополнительная проблема, одинаковую энергетическую плотность можно получить при импульсной мощности 10 Вт, частоте 80 Гц или мощности 100 Вт, частоте 8 Гц. Понятно, что эффекты будут совершенно разными.

*На конечный результат влияют все параметры методики по отдельности: длина волны, режим работы, мощность, время экспозиции, частота и методика, и только когда все они задаются последовательно, контролируемо и правильно в своей совокупности, мы можем говорить о прогнозируемости и воспроизводимости получаемого результата. Достигается максимальный эффект от лазерного воздействия и лечения в целом. Дополнительно что-то на что-то перемножать нет никакой необходимости, это только отвлекает от нормальной работы!*

Подсчёт «дозы» на аппарате – исключительно маркетинговый ход, лишь позволяющий недобросовестным производителям получить дополнительную прибыль, создавая при этом проблемы медперсоналу и пациентам. Ненужная индикация снижает эффективность лечения, повышая при этом вероятность ошибки при проведении процедур. К компаниям, выпускающим подобные аппараты, надо относиться настороженно (как минимум), там работают дилетанты, которые не понимают, что делают, и не задумываются о последствиях, не знают базовых нормативных документов и стандартов.

Другой пример – это аппараты, имеющие два дополнительных фоторегистратора на излучающей головке, для чего в ней специально создано некоторое углубление (камера), а лазер находится глубоко внутри, удалён от поверхности.

Фотодиод первого регистратора расположен в излучающей камере терминала (излучающей головки) и предназначен для регистрации отражённого излучения, измерения коэффициента отражения от поверхности. Фотодиод второго регистратора находится за пределами камеры и предназначен для «регистрации сигналов, поступающих от подкожных слоёв биообъекта». По мнению разработчиков, это необходимо, чтобы «определять с помощью встроенного фоторегистратора локализацию центра очага воспаления, судить об эффективности проводимой процедуры, диагностировать осложнения воспалительного процесса, определять количество поглощённой энергии ИК-излучения...» [Балаков В.Ф., 2005; Балаков В.Ф., Титов Г.А., 2010]. При этом речь идёт исключительно о светодиодах, контроле и коррекции их мощности, поскольку мощность лазерного излучения в сотни раз меньше, и её не учитывают [Балаков В.Ф., 2005]. Такой подход не выдерживает никакой критики.

*Нет, и никогда не было ни одного достоверного сравнительного исследования, в котором доказательно и объективно выявили бы корреляцию изменения коэффициента отражения с улучшением качества лечения (в различных аспектах).*

Во всех работах и отзывах написано, по сути, только одно – в процессе лечения меняется коэффициент отражения в патологическом очаге (воспаления) или что он отличен от данного показателя в симметричной, но не поражённой зоне [Балаков В.Ф., Титов Г.А., 2010]. Да и сами авторы прямо признают: «При оценке эффективности процедуры и диагностике осложнения воспалительного процесса имеют значение лишь направленность и скорость изменения показаний фоторегистраторов» [Балаков В.Ф., 2005].

И что из всего этого следует? Да ничего! Тот факт, что коэффициент отражения различен для повреждённой и неповреждённой кожи и значение данного показателя меняется в процессе лечения (только для поверхностных процессов, разумеется), общеизвестен [Александров М.Т. и др., 1984, 1985]. Какие выводы из этой информации должен сделать клиницист, совершенно непонятно. Зачем, например, ему искать центр очага и следить, как меняется некий показатель? Подчёркиваем, *абстрактный показатель*, поскольку аппарат не является *диагностическим*, показания его индикаторов не могут быть приняты во внимание как *диагностические*. Это совершенно очевидно! Зачем тогда нужна дополнительная информация?

Ранее похожие устройства достаточно активно рекламировались, в методике предусматривалась коррекции времени воздействия в зависимости от коэффициента отражения: чем больше поглощение, тем меньше экспозиция [Александров М.Т., 2008]. Но идея потерпела полный провал, поскольку временно́й фактор является нелинейной функцией и почти не имеет корреляции с энергетическими параметрами НИЛИ [Москвин С.В., 2008]. Чтобы оптимизировать поглощённую энергию, достаточно простейшего устройства – зеркальной насадки, благодаря которой весь лазерный свет гарантированно проникнет в биоткань независимо от отражения кожи.

В рекомендациях авторов идеи «лазер + СИД + фотометр» по коррекции мощности светодиодов нет никакого смысла, поскольку мы убедительно показали, что их надо разделить, только в этом случае эффективность процедур вырастет сама собой, без всяких сложных устройств и измерений (подробности во 2-й части книги).

Создавая всю эту громоздкую конструкцию с совершенно непонятной целью, разработчики породили действительно серьёзную проблему – *отсутствие возможности* применения световодного инструмента в истинном понимании целей и задач устройства (проводить свет). И это также существенно снижает эффективность лазерной терапии. Об этом ниже.

## *Информационное обеспечение*

Является важнейшим звеном в цепи максимально полной реализации возможностей аппаратуры. В первую очередь, это техническая документация: паспорт, инструкция по эксплуатации, инструкция по ремонту и настройке, гарантийный талон, оформленные в соответствии с ГОСТ Р50444-92. Во-вторых, это методические рекомендации, в которых отражаются медицинские аспекты применения. Официальный статус и значимость им придаёт уровень инстанции утверждения, а качество содержания определяется в основном авторским коллективом.

Освоить управление большинством современных аппаратов не представляет труда, однако ведущая роль в процессе лечения остаётся за врачом, насколько он сможет реализовать возможности аппаратуры в лечебном плане. Задача производителей – обеспечить врачам максимально возможный доступ к информации. Для этого необходимо проводить конференции, семинары, курсы и т. д.; издавать и реализовывать литературу по широкой тематике; по возможности наиболее оперативно сообщать о последних разработках в области лазерной медицины и т. д. Другими словами, необходимо создать информационное пространство для практических врачей, рекомендации которых, в свою очередь, помогут разработчикам провести модернизацию аппаратуры [Bzhilianskaya L.Yu., 1996].

Уже много лет Научно-исследовательский центр «Матрикс» издаёт как научную литературу, так и серию книг «Основы лазерной терапии» для практических врачей, по разным направлениям применения НИЛИ в медицине или методикам (ВЛОК, лазерно-вакуумный массаж, лазерофорез и др.). В этих книгах представлены не только частные методики, эффективность которых доказана клиническими исследованиями и многолетним опытом, но также практически всегда делается подробнейший обзор литературы, являющийся хорошим подспорьем для начинающих. Научно-исследовательский центр «Матрикс» совместно с ведущими научными клиническими медицинскими центрами и институтами страны проводит научные исследования, разрабатывает новые, высокоэффективные методики, организует научные конференции и

семинары. Вся эта работа крайне необходима для развития лазерной терапии, повышения её эффективности.

## Сервисное обслуживание

Осуществляется производителем самостоятельно или по договору с местной специализированной организацией. Как правило, сервисная служба проводит и поверку фотометров аппаратов. Со временем выходит из строя любая, даже самая надёжная аппаратура, поэтому чрезвычайно важно обеспечить такое её обслуживание, при котором не прерывается лечебный процесс, т. е. гарантируется проведение ремонта в течение суток или замена аппарата на время ремонта. Соответственно, не прерывается проведение ежедневных процедур, что, в свою очередь, повышает качество лечения. Грамотное и своевременное сервисное обслуживание, а также качественный ремонт позволяют гарантировать исправность аппаратуры и идентичность параметров воздействия, следовательно, также влияют на качество лечения и эффективность ЛТ. Гарантийный срок на аппараты должен быть 5 лет.

Самое ненадёжное место у любого аппарата – это разъёмы базовых блоков (из-за частой смены излучателей) и лазерные диоды в излучающих головках (чаще всего из-за нестабильности сети питания в медучреждении и перепадов напряжения). Пожалуй, единственная организация, которая устанавливает гарантию 5 лет на эти детали, – Научно-исследовательский центр «Матрикс», что стало возможным вследствие внедрения технологии ЛАЗМИК®, позволившей применить новые сверхнадёжные разъёмы ЛАЗМИК®, современные лазерные диоды и схемы питания лазеров.

## Особенности специализированной аппаратуры

Специализация некоторых аппаратов выводит на первый план совсем другие требования, чем универсальность, которая не всегда является исключительно необходимой. В какой-то степени это касается автономных аппаратов, но наиболее характерным примером может служить универсальность внутривенного лазерного освечивания крови (ВЛОК) как метода лечения и необходимость использования для этого метода узкоспециализированной аппаратуры. Во-первых, метод универсален по вызываемым эффектам и применяется в самых различных областях медицины. Вариабельность параметров осуществляется практически только при выборе длины волны и времени воздействия, очень редко меняется мощность излучения. Во-вторых, при проведении ВЛОК необходимо соответствовать специальным санитарно-гигиеническим требованиям, аналогичным тем, которые предъявляются к процедурным кабинетам.

Первые сообщения об эффективности применения ВЛОК для лечения больных стенокардией и острым инфарктом миокарда появились в начале 80-х го-

дов [Капустина Г.М., 1990; Кипшидзе Н.Н. и др., 1993]. Позднее методика получила распространение во многих других областях медицины.

Достаточно длительный период в качестве аппаратного обеспечения метода применяли гелий-неоновые лазеры с длиной волны излучения 633 нм и мощностью излучения до 2,5 мВт. Однако они дорогие, ненадёжные (что связано с естественными механизмами деградации), питаются высоким напряжением (несколько киловольт), имеют большие габариты и массу. К тому же лазер приходится держать постоянно включенным, что не очень удобно. Всё это не позволяло более широко применять метод в лечебной практике. В настоящее время для «стандартной» методики применяют недорогие и надёжные лазерные диоды с длиной волны около 635 мкм (что ближе к максимуму эффективности), которые можно более широко применять в медицинской практике [Марсагишвили Л. и др., 1997].

Современные аппараты, такие, например, как «Матрикс-ВЛОК» (1-канальный) и «Лазмик-ВЛОК» (2-канальный), имеют малые габариты и вес, а отсутствие необходимости заземления позволяет проводить ВЛОК непосредственно в палатах для больных с ограниченной подвижностью, а также у пациентов дома. Аппараты позволяют проводить ВЛОК в машине «скорой помощи», что принципиально меняет подход к оказанию экстренной помощи больному.

*Двухканальные аппараты для ВЛОК могут работать в широком спектральном диапазоне, позволяя реализовывать, например, очень эффективную методику «ВЛОК+УФОК», причём ультрафиолетовое освечивание крови проводится исключительно лазерным светом, никаких ламп и светодиодов. Процесс проведения процедуры значительно упростился за счёт использования внутривенного доступа, а не устаревшего, громоздкого и неудобного экстракорпорального метода. Всё это в совокупности резко повышает эффективность ВЛОК в УФ и видимом диапазонах.*

В настоящее время подход к разработке специализированной аппаратуры претерпел некоторые изменения, поскольку всё более очевиден факт, что максимальный результат обеспечивает комплексное применение разных методов ЛТ, как наружных, так и внутривенных. Первым аппаратом, в котором реализована возможность подключения всего спектра лазерных излучающих головок, для всех методик, стал «Лазмик-ВЛОК».

## Специализированные лазерные физиотерапевтические комплексы

Создаются для максимально эффективного лечения в одной области медицины. В состав таких комплексов, как правило, включается и аппаратура с другими лечебными физическими факторами: вакуум, вибрация, магнит, КВЧ, ультразвук и др. Отличительной особенностью специализированных комплексов является наличие специальных приспособлений, насадок и т. п., предна-

значенных для обеспечения максимально лучшего объединения нескольких методов. При этом учитываются принципы сочетания и комбинирования, анатомические и физиологические особенности локализации воздействия.

Наглядным примером этого может служить разработанный Научно-исследовательским центром «Матрикс» физиотерапевтический комплекс «Матрикс-Уролог», который включает в себя:

- аппарат «Матрикс-Уролог» (2 лазерных канала и 1 для управления вибромагнитолазерной головкой ВМЛГ-10);
- лазерные головки ЛО-904-15 и КЛО-635-15;
- аппарат для вакуумного массажа;
- колбы ЛО-ЛЛОД для методики локального лазерного отрицательного давления;
- методические рекомендации.

## *Лазерные излучающие головки*

Являются источником лазерного света (НИЛИ), подключаются к базовому блоку. Они состоят из одного или нескольких лазерных диодов и электронной схемы управления. Необходимо отметить, что именно лазерные диоды позволили создать систему выносных излучающих головок и реализовать в полной мере блочный принцип построения современной аппаратуры для лазерной терапии.

Излучающие головки классифицируются по параметрам лазеров (импульсные или непрерывные, длина волны излучения, мощность) и типу применяемых с ними насадок.

Насадки первого типа позволяют вводить излучение лазера непосредственно в световой канал без использования специальной оптики с помощью простого резьбового или цангового соединения («жёсткий» инструмент).

В настоящее время используют и прямой ввод излучения в световод, что возможно при использовании стерильных одноразовых световодов КИВЛ-01 для ВЛОК.

На непрерывных лазерных излучающих головках расположена кнопка МОД – включение модулированного режима работы, когда лазерное излучение модулируется с частотой, выставленной на базовом блоке. *Необходимо помнить, что во втором случае средняя мощность уменьшается в 2 раза!*

В табл. 1.5 представлено сравнение лазерных излучающих головок нового поколения (сверхнадёжный разъём, улучшенная схема управления, более эргономичная и эффективная конструкция и др.) с параметрами головок предыдущего поколения, многие из которых, возможно, будут выпускаться ещё много лет. Хотя мы рекомендовали бы перейти на стандарт ЛАЗМИК® всем производителям.

Обращаем внимание на изменение маркировки (наименования) головок, теперь в их названии зашифрована длина волны и мощность излучения. Например, КЛО-780-90 означает, что это лазерная головка непрерывного режима работы с длиной волны 780–785 нм и максимальной мощностью 90 мВт, голов-

*Таблица 1.5*

**Сравнение параметров лазерных излучающих головок для аппаратов нового и предыдущего поколений**

| Аппараты нового поколения, работающие по технологии ЛАЗМИК® («Лазмик», «Агиур», «Лазмик-ВЛОК», «Лазмик-БИО» и др.) | | | Аппараты предыдущего поколения («Матрикс», «Матрикс-Уролог», «Мустанг-2000», «Узор-МЭЛТ» и др.) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Наименование головки | Параметры | | Наименование головки | Параметры | |
| | Длина волны, нм | Мощность, не менее | | Длина волны, нм | Мощность, не менее |
| МЛ01К (МЛ-904-80) | 904 | 50 Вт (матричная) | МЛ01К | 890 | 50 Вт (матричная) |
| МЛ01КМ (МЛ-904-200) | 904 | 200 Вт (матричная) | – | – | – |
| МЛ01КР (МЛ-635-40) | 635 | 35 Вт (матричная) | МЛ01КР | 650–670 | 35 Вт (матричная) |
| ЛО-890-10 (ЛО-904-10) | 650 | 100 мВт (матричная) | – | – | – |
| ЛО-890-15 (ЛО-904-15) | 904 | 10 Вт | ЛО1 | 890 | 5 Вт |
| ЛО-890-20 (ЛО-904-20) | 904 | 15 Вт | ЛО2 | 890 | 10 Вт |
| ЛО-890-25 (ЛО-904-25) | 904 | 20 Вт | ЛО3 | 890 | 15 Вт |
| ЛО-890-100 (ЛО-904-100) | 904 | 25 Вт | ЛО4 | 890 | 20 Вт |
| МЛ01К (МЛ-904-80) | 904 | 100 Вт | ЛО7 | 890 | 90 Вт |
| ЛОК2 (ЛО-635-5) | 635 | 5 Вт | ЛОК2 | 650–670 | 5 Вт |
| КЛО-405-120 | 405 | 120 мВт | КЛО-405-120 | 405 | 120 мВт |
| КЛО-450-50 (КЛО-445-50) | 450 | 50 мВт | – | – | – |
| КЛО-530-50 (КЛО-525-50) | 530 | 50 мВт | – | – | – |
| КЛО-635-5 | 635 | 5 мВт | КЛО1 | 635 | 5 мВт |
| КЛО-635-15 | 635 | 15 мВт | КЛО3 | 635 | 10 мВт |
| КЛО-635-40 | 635 | 40 мВт | КЛО4 | 635 | 40 мВт |
| КЛО-635-50 (НЛОК) | 635 | 50 мВт | – | – | – |
| КЛО-650-50 | 650 | 50 мВт | КЛО2 | 650 | 40 мВт |
| КЛО-650-200 | 650 | 200 мВт | – | – | – |
| КЛО-780-90 | 780 | 90 мВт | КЛО-780-90 | 780 | 90 мВт |
| КЛО-808-200 | 808 | 200 мВт | КЛО6 | 808 | 200 мВт |
| КЛО7 | 1300 | 5 мВт | КЛО7 | 1300 | 5 мВт |
| КЛ-ВЛОК-365-2 | 365–400 | 1,5–2 мВт* | КЛ-ВЛОК-365 | 365–400 | 1,5–2 мВт* |
| КЛ-ВЛОК-405-2 | 405 | 1,5–2 мВт* | КЛ-ВЛОК-405 | 405 | 1,5–2 мВт* |
| КЛ-ВЛОК-450-2 (КЛ-ВЛОК-445-2) | 450 | 2 мВт* | – | – | – |
| КЛ-ВЛОК-450-20 (КЛ-ВЛОК-445-20) | 450 | 20 мВт* | – | – | – |
| КЛ-ВЛОК-530-2 (КЛ-ВЛОК-525-2) | 530 | 2 мВт* | – | – | – |
| КЛ-ВЛОК-530-2 (КЛ-ВЛОК-525-20) | 530 | 20 мВт* | – | – | – |
| КЛ-ВЛОК-635-2 | 635 | 2 мВт* | КЛ-ВЛОК | 635 | 2 мВт* |
| КЛ-ВЛОК-635-20 | 635 | 20 мВт* | КЛ-ВЛОК-М | 635 | 20 мВт* |
| КЛ-ВЛОК-808-40 | 808 | 40 мВт* | КЛ-ВЛОК-ИК | 808 | 40 мВт* |

*Примечание.* * – на выходе световода КИВЛ-01 производства Научно-исследовательского центра «Матрикс».

ка КЛ-ВЛОК-525-2 предназначена для внутривенного лазерного освечивания крови НИЛИ с длиной волны 520–530 нм и мощностью 2 мВт и т. д.

## Матричные излучатели

Составляют особый класс головок и автономных аппаратов. Из насадок с ними применяют только специальные магнитные (ММ-50, ММ-100). В медицинской практике наиболее часто используют матричные излучающие головки и автономные аппараты, содержащие 10 импульсных инфракрасных лазеров [Буйлин В.А., 1996; McKibbin L., Downie R., 1991]. Менее распространены матрицы большего размера [Евстигнеев А.Р. и др., 1987] и с другой длиной волны [Baxter D.G., 1994]. A. Füchtenbusch (1998) предлагает для косметологии лазерные головки, состоящие из 10 или 14 непрерывных лазерных диодов с длиной волны 785 нм, но импульсные матричные излучатели значительно более распространены, поскольку оказались исключительно эффективны, их применению посвящена отдельная глава книги.

Нами было доказано, что сформировать оптимальные пространственные характеристики светового поля можно и с 8 более мощных лазерных диодов [Москвин С.В., 2008]. Но для этого нужны специальные импортные импульсные лазеры с длиной волны 904 нм, имеющие другие пространственные характеристики, чем у российских лазерных диодов (890 нм).

Матричные лазерные излучающие головки МЛ-904-80, МЛ-904-200 и МЛ-635-40 для аппаратов «Матрикс» или «Лазмик» (рис. 2.38, а, 2-я часть книги) содержат 8 импульсных инфракрасных лазерных диодов, расположенных в два ряда по 4 шт., что обеспечивает равномерное освещение площади 50 $см^2$ при удалении на расстояние 7 см, а в непосредственной близости от освечиваемой поверхности площадь составляет 8 $см^2$. Подробное обоснование энергетических и пространственно-геометрических параметров таких матричных лазерных излучающих головок сделано во 2-й части книги.

Излучающая головка МЛС-1 (Эффект) содержит несколько лазерных и светоизлучающих диодов различного спектра. В настоящее время мало востребована, поскольку эффективнее применять всё-таки одну специализированную излучающую головку для одной методики, чем универсальную, с неоптимизированными параметрами и худшим конечным результатом.

## Особенности работы с оптическими насадками

Практически с самого начала применения лазеров в хирургической практике решался вопрос о наиболее эффективной доставке энергии лазерного луча к патологическому очагу [Goldman J. et al., 1964; Kapany N.S., 1965]. Исторически первыми в лазерной терапии нашли широкое распространение ГНЛ (длина волны 633 нм). Свет в непрерывном режиме работы на данной длине волны проникает в ткани на небольшую глубину, и воздействовать на

внутренние органы возможно только с помощью соответствующего световодного инструмента, позволяющего доставить энергию НИЛИ через различные полости к патологическому очагу.

В настоящее время, с распространением импульсных диодных лазеров различного спектрального диапазона и матричных излучателей на их основе, стали отказываться от насадок в пользу неинвазивного воздействия на проекцию больного органа [Буйлин В.А., Москвин С.В., 2001; Кочетков А.В. и др., 1999; Москвин С.В. и др., 2007; Рапопорт С.И., Расулов М.И., 1997].

Однако световоды ещё находят применение при реализации некоторых методик.

Один из этапов развития лазерной терапии – разработка и внедрение в практику внутриполостного инструмента [Речицкий В.И., 1991]. При создании инструмента решались следующие задачи:

- удобная доставка низкоэнергетического лазерного излучения в полости практически любой формы;
- обеспечение фиксации инструмента;
- обеспечение равномерного освечивания поверхности полости (всей или области патологического очага);
- высокий коэффициент передачи энергии лазерного излучения;
- возможность удобной, быстрой и надёжной стерилизации (инструмент не выдерживает высокотемпературной стерилизации).

Применение полимерных световодов позволяет значительно упростить методику лазерного освечивания крови. Осложнений, связанных с использованием полимерных светопроводящих волокон, не отмечено. Одноразовые стерильные световоды предохраняют от заражения инфекционными заболеваниями в процессе манипуляций [Садов А.Ю. и др., 1989].

Для ЛТ достаточен набор инструментов, содержащий следующие индикатрисы: конус, широкий конус, конус в бок, сфера, цилиндр. Необходимые диаграммы рассеяния в зависимости от задачи формируются путём обработки дистального конца световода под определённую геометрическую форму, введения в полость защитной оболочки дистального конца металлического отражателя. Светорассеивающие добавки (оксид цинка, сульфат бария и др.) используются для получения индикатрисы типа «цилиндр» [Ложенко А.С., Жаров В.П., 1989]. Внутриполостной оптический инструмент условно делят на два типа:

I тип. Жёсткий световодный инструмент, который состоит из трёх основных частей: разъём для крепления, стержень и рабочая часть – оптический рассеивающий элемент. От оптического разъёма излучение проходит по световоду, рассеиватель обеспечивает удобство фиксации в полости патологического очага и его равномерное освечивание.

II тип. Гибкий световодный инструмент. Катетер – кварц-полимерный световод, вставленный по всей длине в полихлорвиниловую оболочку с герметичной областью на дистальном конце – рассеивающим элементом. Специальны-

ми технологическими приёмами реализованы различные формы диаграммы направленности излучения.

*Насадки* различают также по типу головок, с которыми они применяются. Например, насадки ММ50 и ММ100 (магнитные) используются только с матричными лазерными излучающими головками.

Основным параметром, характеризующим насадку (кроме индикатрисы рассеяния), является коэффициент ввода излучения, который определяется как отношение мощности на выходе насадки к подводимой мощности. Этот коэффициент зависит не только от типа насадки и её конструктивных особенностей, но и от типа лазера, и имеет значение в диапазоне 0,4–0,8.

Одноразовый стерильный световод КИВЛ-01 представляет собой полимерное оптическое волокно длиной 20–25 см, один конец которого вклеен в пластмассовый цилиндр, обеспечивающий автоюстировку для эффективного и стабильного ввода лазерного излучения, а второй вставлен в иглу для внутривенных инъекций [Пат. 36626 RU]. Такое устройство позволяет максимально быстро и эффективно проводить процедуру внутривенного лазерного освечивания крови. Важно, чтобы выходящая из иглы часть выступала не более чем на 2–3 мм, чтобы было удобнее проводить процедуру и не травмировать пациента. Такая, казалось бы, мелочь может существенно снизить комфортность процедуры и эффективность методики.

Оптические насадки и световоды требуют особо бережного отношения, чтобы предупредить механическое повреждение (царапины, перегибы, изломы и др.). Царапины и микротрещины уменьшают прозрачность световода или насадки, что ведёт к потере мощности иногда в несколько раз и свидетельствует о необходимости их замены [Самосюк И.З. и др., 1997]. Кроме того, обеспечить полную стерильность при обработке перед повторным применением в этом случае практически невозможно, так как допускается только холодная химическая стерилизация. Необходимо также помнить, что средний срок службы инструмента составляет 1 год.

В последние годы всё чаще стали переходить на индивидуальные насадки, когда один пациент пользуется своей во время всех процедур, которых, как правило, назначается от 10 до 15. Для ВЛОК применяют только одноразовые стерильные световоды.

## *Преимущества индивидуальных колб для методики локального лазерного отрицательного давления или лазерно-вакуумного массажа*

1. При использовании индивидуальных колб обеспечивается полная безопасность.
2. Пациенты намного охотнее идут на процедуру, если заранее проинформированы о возможности использования индивидуальных колб.

3. Предстерилизационная очистка и холодная химическая стерилизация в соответствии с МУ 287-113-00 занимают не менее 2 часов. То есть даже при использовании многоразовых колб их необходимо иметь в наличии минимум 3–4 шт. на один комплекс «Матрикс-Уролог».
4. Кроме того, процесс стерилизации достаточно дорогостоящий (расходные материалы, посуда, зарплата сотрудника, дополнительная площадь в помещении, мебель и др.).
5. Многоразовые колбы в любом случае необходимо заменять после 50–70 процедур (5–6 курсов) на новые, поскольку со временем в них образуются микротрещины, не позволяющие обеспечить стерильность.
6. Использование индивидуальных колб – дополнительный доход для медицинского центра.
7. Увеличение заказов и современные технологии позволили значительно снизить стоимость индивидуальных колб, вследствие чего их использование стало экономически выгодным.

*Магнитные насадки* имеют различные значения магнитной индукции и предназначены для проведения МЛТ, но эффективны только при местном воздействии, поскольку влияние магнитного поля ограничено 10–20 мм. Это могут быть насадки для наружного применения, которые крепятся на головки с одним лазером (ЗМ-50) или на матричные излучатели (ММ-50), а также уже встроенные в некое устройство, как, например, в рабочую часть вибромагнитолазерной головки ВМЛГ-10.

Кроме внутриполостных и магнитных, для эффективной лазерной терапии исключительно необходимы оптические насадки для наружного применения.

З*еркальные насадки: ЗН-25* (диаметр 25 мм), *ЗН-30* (диаметр 30 мм), *ЗН-35* (диаметр 35 мм), *ЗН-50* (диаметр 50 мм) предназначены для зеркально-контактного способа воздействия. Они многофункциональны: увеличивают глубину и стабильность воздействия, защищают от отражённого излучения, обеспечивают гигиеничность процедуры и позволяют задать эффективную площадь воздействия, принимаемую равной 1 см$^2$.

*Акупунктурные насадки А-3* предназначены для концентрации лазерного излучения на точки акупунктуры (лазерная рефлексотерапия). Кроме прямого назначения их также применяют в косметологии в сочетанной методике прочерчивания (алопеция, морщины и пр.) [Гейниц А.В., Москвин С.В., 2010].

*Ещё раз обращаем особое внимание на то обстоятельство, что оптические насадки должны состоять из световода, по которому энергия лазерного света доставляется к рабочей части, обеспечивающей необходимую индикатрису рассеяния. Насадки из оргстекла совершенно не приспособлены для эффективной лазерной терапии, поскольку рассеивают свет абсолютно хаотично! Кроме того, оргстекло не допускает дезинфекцию спиртом [ГОСТ 10667-90. Стекло органическое листовое. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1990. 35 с.].*

## Портативные аппараты

Масс-габаритные показатели аппаратуры далеко не всегда имеют решающее значение. Приоритетными чаще остаются характеристики, позволяющие получить наилучший лечебный эффект: универсальность, возможность изменения и контроля параметров излучения, простота управления и др. Проблема габаритов и массы аппарата возникает в случае, если требуется его систематическое перемещение.

– Условия работы врача: на плавающем судне, на борту самолёта, в передвижных амбулаториях, изолированных коллективах (дежурные точки, поисковые отряды, экспедиции), в походно-полевых условиях и др. С подобной проблемой также сталкиваются сельские и частнопрактикующие врачи.
– Если при периодическом врачебном контроле пациенты самостоятельно проводят процедуры. Это особенно актуально для тяжёлых хронических больных, передвижение которых затруднено, а также больных, проживающих далеко от лечебных учреждений: лечение не прерывается в выходные и праздничные дни.

Интересно, что, с одной стороны, стремление к минимальным размерам приводит к потере универсальности и как следствие для врача сокращаются возможности ЛТ, а с другой стороны, простота таких аппаратов даже более целесообразна, так как позволяет не беспокоиться о неправильном их применении пациентом самостоятельно.

С проблемой размеров и массы аппаратуры, правда, в меньшей степени, приходится сталкиваться и в условиях стационара. Во-первых, удобно, если аппарат размещается на тумбочке возле кушетки в стандартном боксе физиотерапевтического отделения и не требует перепланировки помещения под громоздкое устройство. Во-вторых, часты ситуации, когда аппарат необходимо на время переместить, например, для проведения процедур в палатах стационаров, для аттестации и т. д.

В автономных портативных аппаратах для ЛТ используются чаще всего одиночные излучатели и исключительно импульсные ИК-лазеры, поскольку они позволяют реализовать больше всего методик ЛТ с максимальной эффективностью и абсолютно безопасны. Такие аппараты незаменимы как для местного воздействия, так и для работы с внутриполостным инструментом (ЛОР, стоматологический и др.) или лазерной рефлексотерапии [Москвин С.В., 1996(1)]. С учётом этих рекомендаций был разработан портативный аппарат лазерной терапии «Матрикс-МИНИ».

## Выводы

1. Блочный принцип построения лазерной терапевтической аппаратуры, когда аппарат состоит из нескольких частей: базовый блок, лазерные излуча-

ющие головки и насадки, позволяет максимально полно и эффективно реализовать возможности метода.

2. Контроль всех параметров воздействия, в первую очередь мощности излучения, – обязательное условие для эффективного лечения.

3. Избыточная информация в виде дополнительных показаний фотометра или расчётов так же вредна для эффективности лазерной терапии, как и недостаточный контроль параметров.

4. Подсчёт «дозы» на аппарате и наличие «фоторегистраторов» на лазерной излучающей головке для измерения коэффициента отражения – исключительно маркетинговые «фишки», не более того. Никакой пользы от этих функций нет, зато много проблем. В целом подобные технические излишества только снижают эффективность процедур лазерной терапии.

5. Наиболее полно всем требованиям, предъявляемым к современной универсальной аппаратуре, соответствуют аппараты серии «Лазмик», имеющие максимальную частоту 10 000 Гц.

6. Оптические насадки необходимы для доставки лазерного излучения к патологическому очагу и обеспечения необходимой эффективности воздействия.

7. Оптические насадки должны состоять из оптического волокна (световода), по которому энергия лазерного света доставляется к рабочей части, обеспечивающей необходимую индикатрису рассеяния. Пластиковые насадки не приспособлены для эффективной лазерной терапии, поскольку рассеивают свет совершенно хаотично.

8. Многообразие типов излучающих головок определяется требованием к достижению максимальной эффективности ЛТ.

9. Портативные аппараты незаменимы в ряде случаев и могут гарантировать достаточно высокую эффективность лечения. Главное требование к ним – безопасность, что обеспечивается применением импульсных ИК-лазеров, и наличием всего одной кнопки, чтобы минимизировать риски задания неправильных параметров воздействия.

10. Создание узкоспециализированной аппаратуры необходимо, когда метод универсален максимально, например, ВЛОК.

11. Наиболее перспективное направление развития специализированной лазерной терапевтической аппаратуры – создание физиотерапевтических комплексов, возможности которых направлены на максимально эффективное лечение узкого круга заболеваний в одной области медицины. Примером могут служить лазерные физиотерапевтические комплексы «Матрикс-Уролог» и «Лазмик-Косметолог».

у большинства животных на 10-й день, тогда как при перпендикулярном расположении эффект был менее выражен, хотя и выше контроля (рис. 2.7). Авторы объясняют подобную избирательность более глубоким проникновением лазерного света при параллельном расположении как следствие анизотропии рассеяния биотканей.

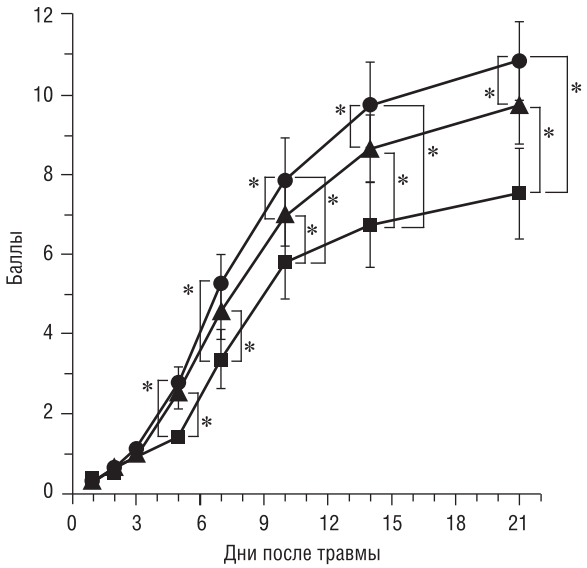



*Рис. 2.7.* Восстановление локомоторной функции у крыс с искусственной травмой позвоночника в реабилитационный период (в баллах; * – $p < 0,05$): ■ – контроль; ▲ – НИЛИ перпендикулярно; ● – НИЛИ параллельно (Ando T. et al., 2013)

Итак, поляризация имеет некоторое значение для эффективности ЛТ, но не является основным, ведущим фактором именно для лазерного света, наличие монохроматичности намного важнее. Когда есть другие, более мощные факторы обеспечения эффекта, вклад поляризации в общий результат не столь значителен, но для практически бесполезных светодиодов дополнительная поляризация с помощью специальных устройств (поляризаторов) прибавляет им положительных качеств, некое подобие превосходства, что-то вроде «отличается от фонарика – можем попробовать лечить». Однако так можно дойти и до того, чтобы всерьёз воспринимать как лечебный свет с экрана в 3D-кинотеатрах, который поляризован благодаря очкам.

## *Выводы*

1. Лазерная терапия – отдельное и самостоятельное направление современной физиотерапии, высокая эффективность метода обеспечивается именно

особыми свойствами лазерного света, в первую очередь, монохроматичностью. Попытки заменить терапевтические лазеры другими, некогерентными источниками света – либо мошенничество, либо осознанная провокация с целью дискредитации лазерной терапии.

2. Важно, что монохроматичность не теряется при прохождении через биоткани или световод, т. е. «лечебные» свойства лазерного света сохраняются на всей глубине и объёме рассеивания и поглощения.

3. В эксперименте достаточно сложно разделить влияние каждой из компонент, определяющих понятие «лазерное излучение» – пространственная и временна́я когерентности, поляризованность, монохроматичность, – и соответственно, сделать точные количественные оценки вклада каждой из компонент в достигаемый конечный результат. Хотя приблизительные, но вполне достоверные выводы сделаны многими авторами.

4. Определённый биологический эффект на некоторых моделях может быть получен даже при использовании света с шириной спектральной полосы до 15–20 нм, но наивысший результат может быть достигнут только при уменьшении этого показателя до 4–5 нм и менее, т. е. только в случае именно *лазерного* излучения.

5. При ширине спектральной полосы менее 3–4 нм дальнейшее сужение спектра не приводит к значительному увеличению эффективности, происходит «насыщение», т. е. применение лазерных диодных вместо одномодовых твёрдотельных или газовых лазеров вполне оправданно.

6. Степень поляризации светового луча имеет существенное, но далеко не ведущее значение для эффективности ЛТ. Максимальный результат достигается при степени поляризации более 90%, и дальнейшее повышение этого показателя не приводит к росту эффективности.

7. Желательно использовать волокно для доставки энергии НИЛИ минимальной длины (до 20 см) для сохранения высокой степени поляризации и сохранения вклада этого фактора в повышение лечебной эффективности. Это, в первую очередь, касается методики ВЛОК и эффективного лазерного УФОК.

### *Методика комбинированная, ВЛОК-635 + ЛУФОК-365 (базовая)*

Лазерные терапевтические аппараты серии «Матрикс» и ЛАЗМИК® («Матрикс», «Матрикс-ВЛОК», «Матрикс-Уролог», «Лазмик», «Лазмик-ВЛОК»). Лазерная излучающая головка КЛ-ВЛОК-635-2 (длина волны 635 нм, мощность на выходе световода 1,5–2,0 мВт), экспозиция 15–20 мин и лазерная излучающая головка КЛ-ВЛОК-365-2 или КЛ-ВЛОК-405 для ЛУФОК® (длина волны 365–405 нм, мощность 1,5–2,0 мВт, экспозиция 2–3 мин). На курс 10–12 ежедневных сеансов с чередованием режимов через день: по нечётным дням (начиная с первого) – ВЛОК-635, по чётным дням – ЛУФОК®. Таким образом оптимизируется воздействие как на иммунную систему (УФ-спектр), так и трофическое обеспечение тканей (красная область спектра) [Гейниц А.В., Москвин С.В., 2010; Гейниц А.В. и др., 2012].

### *Методика комбинированная, ВЛОК-525 + ЛУФОК-365 (базовая)*

Лазерные терапевтические аппараты серии «Матрикс» и ЛАЗМИК® («Матрикс», «Матрикс-ВЛОК», «Матрикс-Уролог», «Лазмик», «Лазмик-ВЛОК»). Лазерная излучающая головка КЛ-ВЛОК-525-2 (длина волны 520–530 нм, мощность на выходе световода 1,5–2,0 мВт, экспозиция 7–10 мин) и лазерная излучающая головка КЛ-ВЛОК-365-2 или КЛ-ВЛОК-405 для ЛУФОК® (длина волны 365–405 нм, мощность 1,5–2,0 мВт, экспозиция 2–3 мин). На курс 10–12 ежедневных сеансов с чередованием режимов через день: по нечётным дням (начиная с первого) – ВЛОК-525, по чётным дням – ЛУФОК®. Таким образом оптимизируется воздействие как на иммунную систему (УФ-спектр), так и трофическое обеспечение тканей (зелёная область спектра, которая более эффективна, чем красная) [Пат.].

## *Выводы*

1. Выбор длины волны осуществляется, исходя из оптических свойств биотканей или клеток, на которые предполагается воздействие, и их местоположения. Однако существуют также другие ограничения и условия.

2. Режим работы лазера (непрерывный, модулированный или импульсный) выбирается одновременно с длиной волны, например, «импульсный ИК-лазер с длиной волны 904 нм», или «непрерывный красный лазер с длиной волны 635 нм».

3. При воздействии большими мощностями, что требуется в ряде методик, важен генерализованный отклик организма, и по этой причине выбор длины волны имеет меньшее значение.

4. Сочетать лазерный свет с разной длиной волны в одной методике недопустимо. НИЛИ с разной длиной волны можно только комбинировать!

5. Доказано ингибирующее влияние внешней засветки непрерывными СИД на эффективность импульсного ИК НИЛИ. Лазеры и светодиоды несовместимы!

6. Комбинирование предусматривает воздействие НИЛИ с разной длиной волны, разнесённое либо по времени (через некоторый промежуток времени на одну зону), либо в пространстве, когда лазерные излучающие головки светят одновременно, но на разные области. В первом случае речь идёт о *временно́м* способе комбинирования, во втором – о *пространственном* комбинировании. Возможен и пространственно-временно́й вариант.

7. Эффективно комбинирование НИЛИ двух длин волны, при этом последовательность воздействия и энергетические характеристики различных спектров имеют значение в зависимости от выбранных спектральных диапазонов. Экспозиции и промежуток между освечиванием связаны с полупериодом распространения волн $Ca^{2+}$ – 100 с (1,5–2 мин).

8. Наиболее известные эффективные комбинации различных длин волн: 635 нм (непрерывный или импульсный режим) + 904 нм (импульсный режим) и 445 + 635 нм (в непрерывном режиме). Именно в таком варианте последовательности.

9. Для каждой методики ЛТ есть наиболее оптимальные длина волны и режим работы. Иногда возможна замена, исходя из фактического наличия в арсенале лазерных излучающих головок, однако необходимо помнить, что практически всегда это влечёт за собой снижение эффективности.

10. Для лазерной акупунктуры предпочтительнее всего длина волны 635 нм при мощности 2–3 мВт и экспозиции 20–40 с на одну корпоральную ТА.

11. Для различных методик экстракорпорального воздействия на проекции внутренних органов чаще всего применяют импульсное ИК НИЛИ с длиной волны 904 нм. Однако решающим фактором эффективности в данном случае является не только и не столько инфракрасный спектр, который обеспечивает большую глубину проникновения световой энергии, а импульсный режим работы таких лазеров (лазерных диодов).

*Окончание табл. 2.21*

| Заболевание (экспериментальная модель) | Методика воздействия | Литература |
|---|---|---|
| **Пульмонология** | | |
| Хронический обструктивный бронхит | 5 Вт, 80 Гц, 20 мин, НЛОК на кубитальную вену | Москвин С.В. и др., 2002; Никитин А.В. и др., 2001, 2002; Телегин А.А., 2004 |
| **Психиатрия** | | |
| Героиновая наркомания | 5 Вт, 80 Гц, 10 мин, НЛОК на кубитальную вену | Наседкин А.А., 2004; Наседкин А.А., Москвин С.В., 2004 |
| **Стоматология** | | |
| Пародонтит | 5 Вт или 40 Вт, матричный излучатель, 80 Гц, 2 мин | Кречина Е.К. и др., 2008, 2009; Шидова А.В., 2007; Шидова А.В., Москвин С.В., 2009 |
| **Урология и андрология** | | |
| Хронические простатиты | 5 Вт, 80 Гц, 5 мин, ректально | Иванченко Л.П. и др., 2009 |
| **Экспериментально-клинические работы** | | |
| Биохимические и гематологические показатели | 5 Вт, 80 Гц, 1 мин | Бхимсаин Р., Москвин С.В., 2011 |
| Стимуляция роста *Escherichia coli* | 620 нм, длительность светового импульса $10^{-13}$ с, частота 0,5 Гц, импульсная мощность $6 \cdot 10^{6}$ Вт, средняя мощность $3 \cdot 10^{-4}$ мВт | Karu T.I. et al., 1991 |
| Раневой процесс | 5 Вт, 80 Гц, 2 мин | Червинец В.М. и др., 1999(1) |
| Раневой процесс | 3 Вт, 3000 Гц, 5 мин, ежедневно 10 дней | Жуков Б.Н. и др., 1999, 1999(1) |

## *Выводы*

1. Эксперименты с изменением частоты, длительности импульсов и темнового периода показали, что частотные зависимости БД НИЛИ свидетельствуют о существенной роли нестационарных термодинамических процессов, проходящих в живой клетке, а лазериндуцированные эффекты реализуются через влияние на эти регулирующие механизмы.

2. Свет непрерывных лазеров, работающих в модулированном режиме, чаще всего вызывает более выраженную ответную реакцию биологической системы и эффективнее, чем в непрерывном режиме.

3. При длительности импульсов 100 нс у терапевтических лазеров импульсная мощность должна находиться в пределах 5–100 Вт, поскольку такое соотношение обеспечивает оптимальную энергию импульса и максимально эффективное воздействие.

4. Существуют ограничения по величине длительности импульса для мощности 5–100 Вт – если её увеличить до 200 нс и более, то лазерный диод

сгорит, если установить менее 100 нс, то средняя мощность снизится до малоэффективных значений.

5. Чем меньше длительность светового импульса, тем больше импульсная мощность для сохранения оптимальной средней мощности и энергии. Линейная зависимость доказана, по крайней мере, в диапазоне от $10^{-14}$ до $10^{-7}$ с, в котором оптимальная импульсная мощность составляет, соответственно, от $10^9$ до 10 Вт (в среднем).

6. Только импульсные лазеры позволяют изменением частоты в значительных пределах регулировать среднюю мощность, следовательно, энергетическую плотность, оптимизируя, таким образом, параметры методики до достижения максимально возможного результата.

7. В любой методике ЛТ импульсным лазером можно заменить непрерывный, не теряя при этом эффективности лечения. Но ни одну методику, разработанную только для импульсных лазеров (на проекцию внутренних органов, НЛОК, паравертебрально и др.), принципиально нельзя воспроизвести, воздействуя НИЛИ в непрерывном или модулированном режиме.

8. Импульсные матричные лазерные излучающие головки с длиной волны 635 нм применяются для НЛОК только в режиме одной частоты, а местно можно использовать также режимы многочастотной модуляции, такие как БИО или ЛАЗМИК®.

9. Высокоэффективная лазерная терапия возможна при комбинировании НИЛИ импульсных лазеров двух длин волн (635 нм и 904 нм): воздействуют, исходя из методической целесообразности, либо на одну зону попеременно с известными временны́ми интервалами (100 с), либо на разные зоны.

10. Эффективный диапазон ЭП для импульсного режима НИЛИ значительно шире, чем для непрерывного или модулированного, что позволяет практически нивелировать зависимость результата от исходного состояния биологической системы (организма человека).

11. Минимальная частота, на которой возможно получение результата для импульсных лазеров мощностью 5–100 Вт и длительностью импульсов 100 нс, составляет 80 Гц. На частоте 50 Гц эффективность импульсных лазеров существенно снижается, а на частоте 5 Гц вообще отсутствует!

12. Оптимальный диапазон частот для лазерных диодов с длительностью импульса $10^{-7}$ с (100 нс) составляет 80–10 000 Гц и реализован только в аппаратах серии ЛАЗМИК®. Этот диапазон наиболее широко используются в лазерной терапии, позволяет в полной мере реализовать возможности метода, в этих же пределах наблюдается линейная зависимость корреляции по средней мощности. Эффективность лазерной терапии при частотах ниже 80 Гц минимальна или отсутствует, при частотах выше 10 000 Гц линейность энергетической зависимости нарушается, что не позволяет обеспечить контролируемость и воспроизводимость методик.

увеличение мощности сокращением во столько же раз экспозиции. Однако такая зависимость на самом деле носит ярко выраженный нелинейный характер (см. 4-ю часть книги).

Ещё раз обращаем внимание на широкую вариабельность исходных параметров при неизменной энергетической плотности: можно большой мощностью воздействовать короткий промежуток времени, и наоборот, длительное время освечивать малой мощностью, результат будет разный.

Часто в статьях и других источниках приводится ЭП («доза») даже без указания длины волны НИЛИ, и можно только догадываться об остальных параметрах. Существуют, однако, некоторые закономерности, которые можно учесть при работе с подобными «материалами», и иногда получить какую-то полезную информацию:

- если упоминается ГНЛ (гелий-неоновый лазер, He-Ne-лазер), то *чаще всего* это длина волны 633 нм и непрерывный режим работы, но не всегда;
- если указана длина волны 0,89 мкм (890 нм) или 904 нм, то это практически всегда импульсный диодный лазер, в этом случае обязательно должна указываться частота повторения импульсов (в диапазоне от 80 до 10 000 Гц), импульсная мощность и длительность импульса;
- если указан ИК-диапазон, то в большинстве случаев это импульсные лазеры, значительно реже – непрерывные с длиной волны излучения 808, 830 или 870 нм, которые неэффективны и не нашли применения в лазерной терапии;
- указание названия аппарата практически ничего не даёт для определения параметров воздействия, так как большинство из них в настоящее время выпускается с огромным набором излучающих головок широкого спектрального диапазона и режимов работы.

Основной задачей специалиста по лазерной терапии является выбор таких параметров воздействия, методологии и тактики лечения, при которых обеспечивается максимальный лечебный эффект. Знание первичного механизма биологического действия НИЛИ позволяет с полной уверенностью составлять эффективные лечебные схемы, подбирать и варьировать всеми параметрами, получая *в итоге* оптимальную энергетическую плотность, указание которой, тем не менее, в методиках совершенно недопустимо.

## *Выводы*

1. Эффективность лазерной терапии зависит не столько от энергетической плотности воздействия, сколько от конкретного значения всех параметров, её составляющих: длина волны, режим работы, мощность, время экспозиции, площадь воздействия и частота для импульсных лазеров.

2. ЭП – лишь интегральный, обобщённый, справочный показатель, не более того. Варьированием величиной каждого из параметров методики в итоге

автоматически обеспечивается оптимальная энергия, без всяких расчётов. Попытки задавать в методиках только ЭП бессмысленны, поскольку эту величину можно обеспечить бесконечным числом вариаций исходных значений, и большинство комбинаций не позволят получить даже минимальный эффект от лазерного воздействия.

3. ЭП нелинейно зависит от экспозиции, площади воздействия и частоты, кроме того, очень сильно зависит от длины волны и режима работы лазера, а также выбранной области воздействия.

4. Оптические оптоволоконные насадки позволяют получить воспроизводимость результатов лазерной терапии за счёт большей точности локализации воздействия и распределения НИЛИ по поверхности с требуемой конфигурацией светового пятна.

5. В современных методиках не указывается площадь воздействия как таковая, она задаётся аппаратным способом посредством различного рода насадок, при этом указывается способ воздействия: контактно, дистантно, контактно-зеркальная методика, ВЛОК, акупунктурная методика, с помощью полостной световодной насадки (название) и др.

6. В зависимости от выбранной методики оптимальная ЭП существенно варьируется.

7. Применение зеркальной насадки (чаще всего ЗН-35 и ЗН-50) позволяет нормировать ЭП на 1 см$^2$. Стабильная контактно-зеркальная методика также обеспечивает точность и воспроизводимость локализации воздействия, поэтому она самая распространённая.

8. Для большинства методик предпочтительнее всего применять матричные импульсные лазерные излучающие головки.

9. Наиболее удачным примером оптимизации конструкции матричных излучателей для воздействия на проекцию внутренних органов, органов иммунной системы и крупных кровеносных сосудов (НЛОК), а также для наружного применения и паравертебральной методики являются матричные лазерные излучающие головки МЛ-904-80, МЛ-904-200 (ИК, 904 нм, импульсные) и МЛ-635-40 (красная, 635 нм, импульсная), производства Научно-исследовательского центра «Матрикс». Кроме оптимальных размеров и пространственного распределения ЛД и наиболее высокой лечебной эффективности они имеют максимальную импульсную мощность (до 200 Вт) и рабочую частоту (10 000 Гц) при гарантийном сроке эксплуатации 5 лет.

10. К изучению научных публикаций надо относиться с известной степенью настороженности и перепроверять сделанные авторами выводы, а также параметры тех методик, которые рекомендуются. Ошибок в литературе, к сожалению, очень много, субъективный фактор присутствует, и идентифицировать параметры методик помогают некоторые несложные правила.

11. Наличие нескольких максимумов эффективных ЭП необходимо учитывать при выборе оптимальной для данной методики длины волны и режима работы лазера.

12. Для первого максимума, действие которого реализуется в менее глубоких слоях, эффективность НИЛИ с длиной волны 635 нм выше, чем с 904 нм, для воздействия на более глубоко лежащие органы необходимо применять импульсный лазерный свет с длиной волны 904 нм.

13. Оптимальная глубина первого пика эффективной ЭП для длины волны 635 нм меньше по объёму, чем для 904 нм, и находится практически у поверхности.

14. Для импульсного НИЛИ оптимальную ЭП обеспечить значительно проще, благодаря более высокой эффективности такого режима и расширенному диапазону варьирования энергетическими параметрами.

15. Использование матричных излучателей позволяет захватить максимально большую область, как по поверхности, так и по глубине, обеспечив оптимальные энергетические параметры для большинства клеток тканей, предельное из возможного инициирование $Ca^{2+}$-зависимых процессов и нужный эффект во всем объёме воздействия.

16. Исследования показали хорошие результаты применения импульсных лазеров красного спектра с длиной волны 650–670 нм, но для получения наилучших результатов необходимо применять лазерные диоды только с длиной волны 635 нм.

17. Импульсное ИК НИЛИ (904 нм) лучше применять для воздействия на глубоко расположенные органы, а красный спектр (635 нм) в методиках неинвазивного (чрескожного) лазерного освечивания крови (НЛОК), при патологии ЛОР-органов и др. При таких соотношениях спектральных характеристик и режимов обеспечивается наиболее оптимальное объёмное поглощение световой энергии.

18. Эффективно комбинировать две длины волны – охватывается больший объём тканей, следовательно, большее число «клеток-мишеней», которые «откликаются» на воздействие. Для каждого варианта освечивания выбираются свои оптимальные энергетические параметры.

19. Совершенно недопустимо в методиках лазерной терапии указывать только энергетическую плотность (ЭП), тем более пресловутую «дозу», без перечня всех требуемых параметров: длина волны, режим работы лазера, мощность, частота, площадь (методика), локализация, экспозиция и периодичность проведения процедуры.

20. Варьирование временем воздействия (экспозицией) в ЛТ очень ограничено и специфично, для разных методик существуют свои ограничения, которым необходимо неукоснительно следовать.

21. Для местного воздействия экспозиция составляет 2–5 мин на одну зону, на ТА – 20–40 с, в методике ВЛОК сильно зависит от длины волны, мощности и типа заболевания, составляет в среднем 2–3 мин – для ЛУФОК® (365–405 нм, 1,5–2 мВт), 5–8 мин – для зелёного спектра (520–525 нм, 1,5–2 мВт) и 10–20 мин – для «классического» варианта, освечивание красным лазерным светом (635 нм, 1,5–2 мВт).

изменениях только компонентов крови. При этом игнорируется значимость в биоэффекте реакции эндотелиальных, соединительно-тканных и гладкомышечных клеток сосудистой стенки, рецепторов и нервных проводников, заложенных в адвентиции сосудов и дерме, и т. д., то есть массы некровяных элементов, которые также, несомненно, подвергаются воздействию. Нет никаких оснований считать, что положительный терапевтический эффект при внутривенном или транскутанном способах лазерного воздействия связан с ответной реакцией только компонентов крови. Терминологически более точно говорить о внутривенном или чрескожном лазерном освечивании, фиксируя внимание на способе лазерного воздействия и не упоминая при этом кровь.

Интересное замечание, если бы только не отсутствие разделения, как в научной, так и методической литературе, на области и механизмы влияния. Пока будем пользоваться привычной терминологией и оценивать ВЛОК и НЛОК по влиянию на кровь.

Очевидно, что у неинвазивного способа освечивания крови практически все преимущества, метод более эффективен, проще и дешевле, меньше тратится времени на процедуру и пр. Но ВЛОК по ряду причин развивается быстрее. Мы же стараемся совершенствовать обе технологии, считаем, что у специалистов должен быть выбор.

## *Транскраниальная методика лазерной терапии*

Возможности методики пока не задействованы в полной мере, в основном применяется с очевидной целью – улучшение мозгового кровотока и стимулирование моторной коры у больных ЦВЗ. Однако возможно расширение области применения как одной из составляющей комплексного лечения других заболеваний, подразумевая регулирующую функцию мозга самых различных процессов, в первую очередь тканевого метаболизма. Для достижения максимального результата следует применять только импульсные матричные лазеры с длиной волны 904 нм (об этом подробнее в главе 2.3). Данный выбор определяется даже не длиной волны (ИК-свет проникает глубже), но в большей степени тем, что импульсный режим намного эффективнее. Оптимальное время воздействия – 5 мин на 1 область (зону), эффективно использовать режим внешней модуляции частотой 10 Гц или режим БИО.

## *Выводы*

1. Для достижения наилучшего результата лечения сочетают или комбинируют несколько способов воздействия НИЛИ.

2. При наружном воздействии предоставляются самые широкие возможности в выборе наиболее эффективной методики лечения. Важно правильно задавать локализацию, площадь, расстояние от источника и др., часто эффективны матричные излучающие головки.

3. В лазерной рефлексотерапии методики строго регламентированы, варьирование не предусмотрено, а параметры НИЛИ необходимо особо тщательно контролировать.

4. Наиболее перспективным является неинвазивное (наружное, чрескожное, транскутанное) лазерное освечивание крови – НЛОК, как альтернатива ВЛОК.

5. НЛОК необходимо проводить на крупные кровеносные сосуды, близлежащие к патологическому очагу: на проекцию синокаротидной зоны, в подключичной и паховой областях, области под коленной чашечкой и др.

6. Для НЛОК наиболее оптимально использовать красные импульсные матричные лазерные излучающие головки с длиной волны 635 нм, мощность 40 Вт с 8 лазерных диодов, экспозиция 2–5 мин. Методика контактная или через специальную прозрачную насадку ПМН.

7. Транскраниальное воздействие может использоваться не только для улучшения работы мозга при различных вариантах патологии, но также и как составная часть комплексных методик ЛТ, учитывая важную регулирующую функцию мозга, когда затрагиваются самые различные физиологические механизмы на всех уровнях организации.

свидетельствует о симпатикоадреналовых и парасимпатических взаимоотношениях. Интегративные показатели дают представление о вегетативных взаимоотношениях внутри одной системы, а сумма показателей – более полное суждение об ИВТ организма в целом [Вейн А.М. и др., 1981].

В нашем случае такой подход к оценке исходного состояния пациента перед назначением ЛТ считается более корректным, хотя бы в силу того, что данные, полученные абсолютно всеми техническими средствами, анализируются затем специалистом, и только им принимается окончательное решение. Мы вообще склоняемся к мнению, что в таком сложном, с бесчисленными регулирующими связями и взаимовлияниями, органе, как нервная система человека, не может быть в принципе сделано объективной и однозначной оценки, выданной любым, даже самым совершенным техническим устройством. Параметры, полученные аппаратным образом, могут лишь облегчить принятие окончательного решения врачом, не более того. Предлагаемая модифицированная таблица, позволяющая оценить исходное состояние пациента (табл. 3.4), может быть легко и быстро использована врачом любой специальности без лишних проблем и использования технических устройств. Тем более в рамках поставленной задачи (оптимизации методик лазерной терапии) необходимости в точных расчётах нет, достаточно лишь *качественно* оценить исходный вегетативный тонус по принципу «симпатический/парасимпатический» («С/П»). В совокупности с наличием в анамнезе заболеваний, явно относящихся к тоническому типу (псориаз, очаговая склеродермия, болезнь Пейрони, подагра, аллергия и др.), принимается решение о назначении предельных значений ЭП, характерных для заболеваний по тоническому типу (см. выше). Во всех остальных случаях необходимо руководствоваться общими (стандартными) методиками с выбором оптимальной ЭП, ориентируясь на область минимальных энергий, и принципами её коррекции.

## *Выводы*

1. Известные представления о трофической функции нервной системы могут использоваться для повышения эффективности лазерной терапии и оптимизации методик.

2. Возможно не только непосредственное (прямое) воздействие НИЛИ на тот или иной орган, но и системное влияние через активацию трофической регулирующей функции нервной системы, опосредованно через лимбико-ретикулярную систему и эмоции человека.

3. Состояние вегетативного гомеостаза может быть показателем, позволяющим объективно индивидуализировать методику ЛТ.

4. Лазерный свет выступает как наиболее универсальный и эффективный регулятор на фазотонного гомеостаза, но чрезвычайно важно правильно учитывать фазность воздействия выбранных энергетических (в первую очередь) и других параметров методики.

5. При симпатико-тонической или эйтонической направленности вегетативного тонуса рекомендуется проводить ЛТ без предварительной подготовки, используя общепринятые методики и энергетические параметры.

6. При ваготонии следует использовать различные варианты лечения с учётом общего состояния пациента и длительности течения заболевания, в том числе увеличивая ЭП воздействия.

7. В большей степени рекомендации необходимости учёта состояния ВНС касаются детей (в силу лабильности нервной системы), чем взрослых пациентов.

8. Понимание биологических ритмов регулирования различных физиологических систем и их связей с ЦНС и ВНС позволяет оптимизировать тактику лечения, меняя ЭП воздействия и другие параметры НИЛИ в процессе курсового лечения.

антибиотиков и соответственно уменьшается длительность приёма и дозы этих препаратов. В свою очередь, такая тактика обеспечивает профилактику лекарственных осложнений и снижение аллергических реакций больных. Многочисленные клинические наблюдения доказывают правомерность вышеприведённых соображений при хрониосепсисе, хронической гинекологической или урологической инфекции, пневмонии, бронхите, холецистите и других хронических заболеваниях [Марсагишвили Л.А., 2005].

Несмотря на многообразие способов комбинирования и сочетания в лазерной терапии, представленных в этой главе, возможны и другие варианты, поскольку НИЛИ, кроме всех других преимуществ, имеет просто уникальную способность потенцировать и повышать эффективность практически любого лечебного метода. В ряде случаев сама лазерная терапия выступает как основной действующий фактор, эффективность которого можно повысить, используя другие известные способы лечения.

## *Выводы*

1. Сочетание или комбинирование ЛТ с другими методами физиотерапии эффективно только при соблюдении определённых правил.

2. Чрезвычайно интересным представляется комбинированное использование лазерной и миллиметровой (КВЧ) терапии, особенно перспективна модуляция лазерного света частотами КВЧ-диапазона.

3. Возможности магнитолазерной терапии (МЛТ) ограничены местным действием, поэтому МЛТ можно применять только при лечении открытых ран, переломов и некоторых заболеваний суставов.

4. Лазерно-вакуумный массаж перспективен в косметологии и медицине, возможности этого высокоэффективного сочетанного метода пока раскрыты мало, а перспективы применения весьма значительны.

5. Лазерофорез и лазерная биоревитализация в настоящее время получили мощный импульс в своём развитии благодаря детальному пониманию механизмов реализации методики, принципов оптимизации как параметров НИЛИ, так и специальных препаратов для медицинского или косметологического применения.

6. На фоне ЛТ потребность больных в лекарственных препаратах резко снижается при одновременном усилении и пролонгировании их фармакологического действия, также уменьшается вероятность проявления возможных побочных эффектов. При наличии аллергической реакции у пациентов на лекарства лазерная терапия вообще безальтернативна.

*Таблица 3.11*

**Таблица сравнения клинических результатов лечения больных с гериатрическим КРБС с различными параметрами НИЛИ (Giavelli S. et al., 1996)**

| Гелий-неоновый лазер (633 нм) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ЭП, Дж/см² | Результат | | | |
| | Очень хороший и хороший | Удовлетворительный | Небольшой или отсутствует | Всего пациентов |
| 0,311 | 7 (38,9%) | 9 (50%) | 2 (11,1%) | 18 |
| 0,229 | 5 (50%) | 4 (40%) | 1 (10%) | 10 |
| $CO_2$-лазер (10 600 нм) | | | | |
| ЭП, Дж/см² | Результат | | | |
| | Очень хороший и хороший | Удовлетворительный | Небольшой или отсутствует | Всего пациентов |
| 425 | 18 (50%) | 12 (33,3%) | 6 (16,7%) | 36 |
| 153 | 14 (63,6%) | 4 (18,2%) | 4 (18,2%) | 22 |
| 137 | 42 (77,8%) | 8 (14,6%) | 4 (7,4%) | 54 |

Частные методики лазерной терапии КРБС пока не разработаны в деталях, для этого требуется проведение соответствующих клинических исследований, но теоретическая база имеется вполне достаточная.

## *Выводы*

1. Боль – понятие клинически и патогенетически сложное и неоднородное, соответственно, и методология лазерной терапии различается разнообразием, носящим порой антагонистический характер.

2. Высокие, даже предельные мощности, минимальные площади воздействия и максимальная частота повторения для импульсных лазеров 10 000 Гц обеспечивают обезболивающий эффект в большинстве случаев, однако есть и исключения.

3. Импульсные лазеры, как инфракрасного (904 нм), так и красного (635 нм) диапазонов, незаменимы в программах обезболивания, непрерывные лазеры применяются только для акупунктуры и ВЛОК.

4. Необходимо максимально строго и внимательно подходить к определению методики лазерного обезболивания. Условно говоря, существует 3 подхода, из которых необходимо выбрать единственно правильный, понимая, что ошибка чревата осложнениями:

- высокая (максимальная, 10 000 Гц) частота только первые 1–2 сеанса и снижение на весь курс до минимального значения (80 Гц);
- высокая (максимальная, 10 000 Гц) частота в течение всего курса;
- варьирование частотой в течение всего курса, от минимального до максимального значения и обратно.

# Глава 4.3
# КРИТИКА НЕКОТОРЫХ ТЕОРИЙ

Отсутствие доказательства
не является доказательством
отсутствия.

*М. Папагианнис*

Прежде чем перейти непосредственно к лазерной терапии, необходимо критически рассмотреть некоторые «хронобиологические» (с приставкой «псевдо») взгляды и теории, часто пересекающиеся с основной темой книги. Начиная этот раздел с весьма жёсткой, категоричной и, на первый взгляд, совершенно бескомпромиссной критики, мы сразу должны оговориться, что не все и не всегда необъяснимые явления Природы есть глупые фантазии (бред, шарлатанство, псевдонаука и пр.). Чаще всего это *пока ещё* не объяснённые современной наукой факты. Далеко за примером ходить не надо, совсем недавно всё это малоприятное приходилось слышать в отношении горячо любимой нами лазерной терапии! И это при том, что тысячи научных исследований и многолетняя практика клинического применения метода убеждали в его безопасности и эффективности. Широкое признание лазерная терапия получила после строгого научного обоснования механизмов действия НИЛИ, объясняющего их в рамках общепринятых представлений о биологии и физиологии биологических систем, а также проведения в разных странах многочисленных и достоверных клинических исследований с положительными результатами.

Но как только появляется очередной «суперэффективный лечебный» метод и при этом не делается даже попытки объяснить результат (чаще всего отсутствующий) современным научным языком, а начинается активное жонглирование надуманной терминологией по принципу «чем непонятнее, тем лучше», то можно почти безошибочно констатировать – это псевдолечение, и рекламируют его шарлатаны.

Мало найдётся таких областей науки, в которых были бы настолько распространены всякого рода мистификации и откровенно жульнические манипуляции общественным сознанием, как биология и медицина. В первую очередь, в тех разделах, которые изучают физиологию, биологические ритмы и адаптацию живых систем. Этому способствуют два объективных обстоятельства: во-первых, стремление людей быть здоровыми, молодыми и красивыми; во-вторых, слишком много нестыковок во многих, вроде бы строго доказанных и признанных теориях. Такие пробелы быстро замещаются всякого рода псевдонаучными «концепциями», которые не только весьма живучи, несмотря на множественные опровержения, но и постоянно порождают новые. Неприятие их (чаще всего совершенно справедливое) вызвано рядом причин:

– новый, непривычный формализм (язык теории, математический аппарат, необоснованное усложнение представляемого материала);

– фантастичность следствий из теории (противоречие объективной реальности);
– отсутствие или противоречивость экспериментальных подтверждений (сомнительные результаты);
– отсутствие информации или знаний, необходимых для понимания (отсутствие строго последовательной и достаточной логической цепочки обоснования);
– использование терминологии уже отвергнутых наукой взглядов для формулирования новых теорий (ложная основа порождает только ложь).

Кроме того, имеются некие косвенные признаки, позволяющие характеризовать и выделять авторов, продвигающих псевдонаучные теории:

– использование понятий, означающих не фиксируемые экспериментально феномены («тонкие поля», «торсионные поля», «энергия ауры» и т. д.);
– обещание быстрых и баснословных медицинских, финансовых и иных положительных эффектов;
– частое употребление слов «запатентованное» и «ноу-хау»;
– стремление представить саму теорию или её автора жертвой «идеологических гонений» со стороны «официальной науки», отвергая тем самым любую критику, как заведомо предвзятую;
– желание показать свою значимость через членство в большом числе никому не известных «академий», организаций и обществ.

Следует также выделить гипотезы или теории, которые уже прошли проверку и были опровергнуты – их активное продвижение также является псевдонаучной деятельностью.

Мы не будем детально рассматривать попытки некоторых авторов обосновать механизмы действия различных физических факторов на биологические объекты, привлекая для этого откровенно сомнительные концепции, хотя затронуть тему в той или иной степени придётся. Например, ссылки на «единую теорию физики», предложенную Д.Х. Базиевым (1994), которая (цитируем) «несколько критически пересматривает взгляды на нашу природу» и «открывает новые подходы в объяснении сложных явлений природы» [Лощилов В.И., 1997], что совершенно не соответствует действительности! Практически все величайшие физики-теоретики мира работали над созданием *единой теории поля*, которая могла бы объединить *известные* законы взаимодействия (электромагнитные, гравитационные слабые и сильные). Однако в данной «концепции» полностью отрицаются известные законы физики, создаётся «новая физика» со своими законами, постоянными физическими величинами и пр. И никого не смущает, что *все выводы* из предложенной «теории» прямо противоречат объективной реальности – существующие же физические законы успешно работают в строительстве, при разработке средств передвижения и связи, расчёте орбит спутников и т. д.?! Понятно, что это лишь неловкая и неудачная попытка объяснения некоторых неизвест-

ных явлений природы за счёт отрицания всего уже известного. Вот и всё. Подобные «теории» только вредят развитию научной мысли и современных подходов к разработке медицинских технологий, дискредитируют, в том числе, хронобиологические подходы в объяснении взаимодействия организма человека с внешним миром, в результате чего «вместе с водой выплёскивают и ребеночка». Сомнение в исходной идее вызывает неприятие и всех выводов, следующих из неё.

Дополнительные проблемы возникают, когда сомнительные идеи ложатся в основу какого-то терапевтического аппарата, поскольку авторы, делающие теоретическое обоснование принципа его работы, практически никогда не сообщают точные технические параметры устройства, его характеристики (тип ЭМИ, мощность, частота и пр.). В качестве типичного примера можно привести статью А.Е. Кушнир (1999), в которой после весьма объёмного теоретического раздела, состоящего по большей части из абстрактных рассуждений, сообщается, что на основе этого разработан аппарат, который «представляет собой малогабаритный, переносной прибор весом не более 9 кг. Работает от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц и не требует дополнительного заземления. Основные функции управления максимально автоматизированы. Аппарат удобен и прост в эксплуатации». И всё на этом! Никаких характеристик, исследований и доказательств эффективности. Мотивируется такая позиция коммерческой тайной, но на самом деле нежелание раскрывать технические детали объясняется проще, «теория» просто не имеет никакой основы и экспериментального подтверждения. Отсутствие ясной и чёткой информации, позволяющей всем желающим проверить на практике справедливость теоретических выводов, – явный признак того, что проверять исходно нечего.

Необходимо сделать ещё одно важное замечание, чтобы не сваливать в кучу всё непонятное и не принятое кем-то. Если теория реально допускает возможность *независимой* проверки, то она не может называться лженаучной, какой бы ни была её степень «бредовости», по крайней мере до тех пор, пока не будет проведена объективная экспертиза и не сделаны окончательные выводы. Некоторые из таких теорий вполне могут инициировать новые направления исследований и новый язык описания законов Природы. Примеров, когда не принятые современниками идеи впоследствии становились аксиомами, великое множество. К сожалению, слишком часто какое-нибудь неординарное явление отвергается лишь из-за невозможности его научного объяснения. Прототипы известного чеховского героя («Этого не может быть, потому что не может быть никогда!») ещё встречаются в нашей жизни. Поэтому работа над представленным ниже материалом проходила именно в ключе своего рода презумпции невиновности. Желание вывести на чистую воду шарлатанов и критика их работ никак не предполагают отрицания всего непонятного и пока необъяснимого. Просто здравый смысл, немного базовых знаний и элементарная логика.

## *Гипотеза «трёх ритмов»*

Последние 100 лет с некоторой регулярностью (и тут ритмы!) возникает повышенное внимание к околомесячным периодическим колебаниям жизненных функций организма. Совершенно естественные биологические процессы породили вокруг себя не только научные дискуссии, но, к сожалению, и фантастические вымыслы, и вредные спекуляции, и нездоровый ажиотаж. Речь идёт о гипотезе «трёх ритмов». Напомним вкратце её суть. Предполагается, что момент рождения (в другом варианте – зачатия) человека становится пусковым сигналом для трёх исключительно стабильных колебательных процессов с периодичностью 23, 28 и 33 суток, которые якобы определяют уровень физической, эмоциональной и интеллектуальной активности человека на протяжении всей его жизни. Утверждается также, что графическим изображением таких многодневных колебаний являются синусоиды, а в моменты перехода их значений от положительных к отрицательным и обратно организм как бы меняет режим своего функционирования, что сопровождается снижением физической работоспособности, эмоциональной устойчивости, умственной продуктивности. В такой «критический» день более вероятны ухудшение самочувствия, заболевания, несчастные случаи и т. п. А если одновременно две или три синусоиды пересекаются в одной точке, то такие «двойные» или «тройные» критические дни особенно опасны.

Имеется огромное количество публикаций, в которых рассматривается эта гипотеза (обычно её называют теорией, однако строгих доказательств истинности нет). Сообщают о практическом использовании этой закономерности, чаще всего с отчётливыми и обнадёживающими поначалу результатами. Иногда приводят отдельные яркие случаи совпадений аварий, заболеваний, скоропостижных смертей и т. п. с расчётными критическими днями; профессиональные, спортивные и прочие жизненные успехи связывают – также на отдельных конкретных примерах – с положительными фазами трёх ритмов, правда, наряду с этим указывая на недостаточную изученность данного вопроса. Впрочем, нет ничего плохого в том, что кто-то будет следить за своими ритмами, пусть даже и такими. Хотя бы по той причине, что любая самоорганизация никому ещё не навредила. Только не надо никому платить деньги за «индивидуальный прогноз», есть множество сайтов с бесплатной программой для расчётов синусоид.

Аргументы в пользу того, что таких ритмов не существует (по крайней мере, в том варианте их представления, как указывается в соответствующих источниках), были сделаны достаточно давно В.И. Макаровым (1986), они изложены ниже, добавлены лишь некоторые комментарии.

Первое, что вызывает сомнение сразу, это приписываемая таким ритмам полная независимость от внешних факторов и внутреннего состояния организма, в том числе и процесса старения. Выходит, что биоритмы работают с точностью обычных часов – механического или электронного прибора. Но ведь

речь идёт о физиологических процессах, которые назвали биологическими часами лишь по ассоциации. На деле же любой известный науке биоритм всегда индивидуален, чутко реагирует на изменения внешней и внутренней среды, причём характер этого реагирования меняется с возрастом. Поэтому периодичность биоритмов нельзя выразить в форме идеальной синусоиды, они апериодичны, и это принципиальный момент. Более того, вариабельность ритмов и есть непосредственный показатель самой жизни, а также состояния здоровья человека.

Можно, конечно, допустить, что акт рождения или зачатия играет роль внешнего толчка, необходимого для запуска биоритмов, но это также ничего не объясняет, не раскрывает внутренних причин и механизмов, в силу которых три биоритма поддерживаются на протяжении всей жизни.

Все эти несоответствия сразу бросаются в глаза специалистам-хронобиологам при первом же знакомстве с гипотезой. Но в науке первое впечатление всегда подлежит обязательной и тщательной проверке, которой была подвергнута и эта гипотеза, причём в разных странах: США, ФРГ, Японии, Англии, Франции, Болгарии, СССР и других. Результаты исследований опубликованы в разное время и в разных изданиях, проанализированы многие тысячи случаев производственного травматизма, транспортных аварий, крушений, течения болезней и внезапных смертей, установления спортивных рекордов, сдачи экзаменов, защит дипломов и диссертаций и т. п. И вся эта внушительная статистика свидетельствует, что исследованные случаи не связаны с днём рождения, не соответствуют ходу «трёх ритмов», не совпадают с критическими днями – словом, не подтверждают их существование. Особо отмечается, что подлинные биологические ритмы постоянно приспосабливаются к новым условиям и не остаются неизменными со дня рождения.

Тем не менее гипотеза не потеряла популярности, а основанные на ней рекомендации, как это ни странно, зачастую дают положительный эффект. Особенно это заметно на транспорте. Причин тому может быть несколько, но лежат они скорее в области психологии, нежели физиологии. Первая и наиболее важная причина состоит в том, что, получая предупреждение о возможной опасности, человек становится более внимательным, собранным. Поэтому, естественно, вероятность неприятных происшествий снижается. Но происходит это независимо от критических дней. Ведь есть же, например, водители, которые десятилетиями ездят без аварий, даже не подозревая о существовании этих ритмов [Макаров В.И., 1986].

Кроме того, предупреждение о возможной опасности нарушает монотонность многодневного труда, вносит разнообразие в ход привычной работы и тем обостряет интерес к ней, стремление сделать её хорошо.

Сам по себе факт установления такого контроля за состоянием работников прямо или косвенно повышает их представления о собственной профессиональной и личностной значимости, служит своеобразной психологической поддержкой, повышающей настроение и работоспособность людей. Тем более

что, как правило, введение графиков трёх ритмов происходит в ряду других, значительно более серьёзных мер по оптимизации условий труда и быта. Такая забота, если она неформальна, обычно вызывает ответное желание работать лучше, и это приносит хорошие производственные результаты. Однако записывать их на счёт модной гипотезы в этих случаях неоправданно.

И наконец, не исключены случайные совпадения, когда, например, критический день приходится на понедельник. Недельный ритм производительности труда на промышленных предприятиях – явление хорошо известное, и спад работоспособности в понедельник («день тяжёлый») объясняется необходимостью адаптации к работе после воскресного отдыха. Такой же спад может быть и в пятницу – накануне отдыха, когда человек мыслями уже на даче или на рыбалке. В этих случаях предсказания гипотезы трёх ритмов оправдываются. Подобные совпадения тем более вероятны, что у реальных многодневных ритмов спад продолжается не один, а несколько дней. Если же учитывать и отрицательные фазы каждого из трёх ритмов, составляющие ровно половину периода, то возможность совпадений значительно расширится [Макаров В.И., 1986].

Таким образом, гипотеза не выдерживает никакой серьёзной проверки, научной основы не имеет. Между тем многодневные, в том числе и околомесячные, ритмы реально существуют, и современная хронобиология накопила немало данных об этих колебаниях жизненных функций человека. Околомесячные, как и все биоритмы организма, подчиняются фундаментальным биологическим закономерностям. Взаимодействуя с хорошо изученными циркадианными (околосуточными) ритмами, они помогают организму приспосабливаться к непрерывно меняющейся среде обитания. Хотя апологеты указанной гипотезы постоянно апеллируют к исследованиям в области изучения истинных биоритмов [Ужегов Г.Н., 1997], совершенно очевидно, что эти три величины никакими «биологическими» ритмами не являются, это лишь продукт фантазий и результат несложных математических вычислений.

Но по сей день у неё есть свои активные сторонники, даже «развивающие», если так можно выразиться, данное направление. Например, предлагается уточнить периодичность до 6–7-го знака после запятой (23,688437; 28,4261248 и 33,1638122 суток), тогда, мол, все предсказания сбудутся точнее [Кузнецов Ю.Ф., 2008]. Однако любой, имеющий хотя бы минимальные представления о биоритмах, знает, что они принципиально не могут с такой точностью воспроизводиться! Предыдущий период биоритма никогда не равен последующему – это называется вариабельность, и чем выше данный показатель, тем любая биологическая система ближе к норме своего функционирования. Низкая вариабельность сердечного ритма, например, ассоциируется с высоким риском смерти, и вообще является индикатором проблем с состоянием здоровья человека в целом [Яблучанский Н.И., Мартыненко А.В., 2010; Dekker J.M. at al., 1997].

Совершенно иначе выглядит ситуация, если предположить, что эти три периода не являются собственно «биологическими», т. е. эндогенными ритмами организма человека, а следствием неких изменений во внешнем мире, навязы-

вающих соответствующую периодичность физиологическим процессам. Так, например, Н.А. Агаджанян с соавт. (1978) выдвинули интересную гипотезу, по которой многодневные биоритмы связаны с тремя известными периодами движения Луны: 23,69; 28,43 и 33,16 суток. Вот откуда цифры, взятые Ю.Ф. Кузнецовым (2008)! Но специалистам известен также дополнительный период, по истечении 248,73 суток (биологический год) происходит совпадение фаз всех трёх ритмов [Горшков М.М., Агаджанян Н.А., 1984]. По мнению авторов, ритмическая организация движения материи пронизывает едиными ритмами живую и неживую материю, так что и ритмы движения небесных тел, и ритмы биологических процессов являются следствием единой причины – общностью законов организации всего материального.

Со школьной парты все знают о гравитропизме растений, стремлении расти против гравитации, но всё живое на Земле находится под влиянием силы тяготения и вынуждено считаться с его наличием. На обширном материале современной литературы показано значение смены лунных фаз и приливных явлений в функционировании организма человека в норме и при патологии, при этом роль Луны и приливов (т. е. только гравитационная составляющая воздействия) часто рассматривается в качестве синхронизаторов биоритмов [Дубров А.П., 1990]. Существуют и другие механизмы воздействия на человека небесных тел, о которых рассказывается далее.

Итак, наличие геокосмических факторов, влияющих на функционирование организма человека, доказано. Но как эти внешние силы связаны с датой рождения каждого конкретного человека, когда их влияние распространяется *одновременно* на все живые существа на планете?! Никто из приверженцев гипотезы «трёх ритмов» не задавался таким простым вопросом и даже не делал попытки объяснить подобную связь, если она существует. Уточнить до 6–7-го, да хоть до 15-го знака после запятой всем известные периоды обращения Луны – невелика заслуга, а вот объяснить связь даты рождения с конкретной космофизической обстановкой в данный момент пока ещё никто не смог. Не будем принимать в расчёт общие рассуждения на тему травмы ребёнка при рождении, вследствие которой якобы и начинают функционировать эти три ритма [Ужегов Г., 1997]. Какие они в таком случае были у ребёнка (плода) до рождения – как у матери, а потом изменились, или их не было вообще? Более того, приверженцы гипотезы «трёх ритмов» вообще игнорируют более чем очевидную их связь с реальными лунными ритмами. Спрашивается, почему? А именно потому, что «привязка» к дате рождения тогда становится явно надуманной, и вся гипотеза рушится, как карточный домик!

Но всё ещё сложнее. Периодичность ритмов, связанных с гравитационным влиянием, зависящим, в том числе, от положения Луны, должна, казалось бы, зависеть от географического местоположения конкретного индивидуума. Это связано с тем, что в каждом географическом пункте в конкретный момент времени имеется своя специфическая космо-гелио-геофизическая обстановка. Однако синхронные унифицированные медико-биологические эксперименты,

проводимые в различных точках земного шара, выявили случаи (дни) одновременной полной невоспроизводимости результатов исследований, резкого нарушения хода биологических и физико-химических реакций *in vivo* и *in vitro* [Дубров А.П., 1972]. То есть существует синхронизованное влияние, как зависящее от положения объекта исследования, так и сугубо индивидуальных особенностей регулирования биосистем. Всё это свидетельствует о наличии сложной и пока малоизученной структуры механизмов практически одновременного влияния на биологические ритмы разных физических (будем считать так) полей, не только гравитации.

## *Космо-гелио-геофизические факторы и астрология*

Вот такая странная, на первый взгляд, связка. Дело в том, что закономерностей влияния внешнего космо-гелио-геофизических факторов на развитие человека, к сожалению, выявлено пока очень и очень мало, зато гипотез предостаточно, большинство из которых пересказывать не имеет смысла, поскольку не выдерживают никакой критики, а интересующихся проблемой рекомендуем обратиться к интереснейшей работе А.П. Дуброва (1990). В целом суть всех идей сводится к наличию избирательности живых организмов к сверхслабому влиянию различных космических факторов, обусловленных спецификой их собственных «резонансных» частотных характеристик, которые, в свою очередь, связаны с временем зачатия (а не рождения!) человека. Данный вывод сделан также на основании известного факта зависимости формирования генетической и фенотипической программы развития индивидуума от места его зачатия [Василик П.В., 1979, 1983; Волчек О.Д., Павлов К.И., 2011; Дубров А.П., 1987; Лэзэреску Д., 1977; Birzele K., 1966; Brauner G., 1984]. Вне всякого сомнения, подобное влияние существует. Осталось ответить на простой вопрос: каким образом это реализуется? В цитируемых работах приводятся подробные сведения о планетарном и гелио-геофизическом влиянии на формирование функционально-конституциональных типов, людей, а также данные о важной роли геомагнитной активности, фазы и цикла солнечной активности в пренатальном развитии ребёнка, но сам механизм не раскрывается.

Аналогичная зависимость выявлена не только для людей. Например, согласование 27-дневного цикла солнечной активности (период обращения Солнца вокруг своей оси) с численностью рождающихся через 150 дней ягнят и весом молодняка. Если оплодотворение происходит в период повышенной активности Солнца с отклонением в 1–3 дня, то потомства больше, и оно крупнее, по весу на 1,2–1,5 кг в среднем на голову, чем при оплодотворении в дни пониженной активности [Маликов Д.И., 1969].

Подобных работ можно привести в сотни раз больше, только это мало что даёт, нет единой концепции и объяснения механизмов, нет устойчивого и достоверного прогноза. А отсутствие *теории*, одной из задач которой является возможность *предсказывать* результат эксперимента, вынуждает *гадать*!

Вот так получается, начав с критики малопродуктивной гипотезы «трёх ритмов», мы пришли к выводу, что современная наука достаточно страстно и активно пытается доказать справедливость и обоснованность *астрологии*, создать для неё научный фундамент. Мы не даём оценку, хорошо это или плохо, просто констатируем факт, который позволяет о многом задуматься. В частности, что есть наука сама по себе, каковы её цели и задачи?

Почему вообще астрологию не признают как одно из научных направлений? Ответ вроде бы известен. Во-первых, отсутствие объяснения механизмов влияния расположения планет на судьбу человека. Однако и стройной теории, объясняющей процесс формирования биоритмов (за небольшим исключением), на сегодняшний день также не существует, одни гипотезы. Во-вторых, неточность предсказаний, в науке, кстати, принят термин «прогноз» – и это ещё одно различие. В хронобиологии (да и в медицине вообще) результаты исследований также носят вероятностный характер и порой также малопредсказуемы, особенно если изучать не специально подобранную группу людей или линии животных. В-третьих, и самое главное, астрологи чаще всего по расположению планет предсказывают некую условно объективную, предрешённую последовательность событий, тогда как учёные изучают влияние внешних электромагнитных и гравитационных полей на физическое и психическое состояние человека и особенности онтогенеза, безусловно, оказывающих влияние на его поведение, но это *собственные* физиологические процессы, а не внешний «управляющий».

В таком сравнении можно найти близкое сходство двух, казалось бы, столь непохожих направлений. Астрологи говорят лишь о *предрасположенности* человека к тому или иному типу поведения, исходя из своих представлений о том, какие способности заложены в нём по факту рождения. Кстати, наиболее точным предсказанием (или прогнозом в данном случае?) служит так называемая натальная карта, учитывающая не только дату (временно́й фактор), но и место рождения, т. е. налицо понимание важности гравитационного влияния. Но и многочисленные научные исследования прямо свидетельствуют в пользу подобного подхода, правда, учёные говорят не о дате рождения, а о дате зачатия, и пожалуй, это единственное различие астрологии и науки, если не рассматривать предсказания событий.

Итак, часть астрологии, предсказывающая (прогнозирующая) способности и предрасположенность человека к определённому виду деятельности и поступкам, абсолютно не противоречит научной методологии, только знания, которыми оперируют астрологи, получены не из экспериментальных исследований, а в результате многолетних наблюдений и сопоставлений событий, в которых обнаруживаются некоторые закономерности. Но это же феноменологическое исследование в чистом виде! В известном смысле в астрологии больше научного, чем во многих областях современной науки. Однако когда астрологи начинают *гадать* и предсказывать *события*, то это уже выходит за известные разумные пределы.

Вообще, при изучении литературы, посвящённой влиянию космофизических факторов на человека, создаётся полное ощущение, что в отличие от астрологов учёные лишь оперируют другими терминами (физические процессы, гравитация и пр.), а результат их работы очень часто носит исключительно созерцательный характер. Хотя справедливости ради необходимо заметить, что некоторые исследователи всё-таки пытаются разобраться в причинах и механизмах известных явлений (в отличие от предсказателей). Поскольку это не всегда удаётся сделать в рамках известных физических законов, возникают попытки открыть новые, например, особое *био*поле или новый способ взаимодействия, как внутри живой клетки, так и с внешними полями (электромагнитными и гравитационными). Конкретные названия таких концепций могут отличаться, но сама суть наиболее полно, на наш взгляд, отражена в термине, предложенном А.П. Дубровым и В.Н. Пушкиным (1989) – «*резонансно-полевой тип взаимодействия*».

## *О резонансе с приставкой «био»*

Несколько слов о таком явлении, как резонанс в биологических системах. Во многих работах, связанных с исследованием биологического действия неионизирующих излучений (электромагнитное излучение, ультразвук, вибрация) слабых энергий, рассматриваются механизмы «резонансного» поглощения энергии на микроструктурных уровнях. Однако их авторы приходят к выводу о несоответствии наблюдаемых частотных зависимостей классическим представлениям о резонансе, действуют другие механизмы, принципиально отличные от таковых при взаимодействии с упругим объектом. При этом указывается на наличие в живых клетках неких «усилительных» механизмов, отмечается выраженное действие импульсного ЭМИ нетермогенных уровней в фазе наиболее активного состояния объекта при ритмических биологических процессах [Гапеев А.Б., Чемерис Н.К., 2000; Романов С.Н., 1983; Тигранян Р.Э., 2010; Adey W.R., 1980].

Схожесть наблюдаемых при этом эффектов можно было бы попытаться объяснить возбуждением механических колебаний в результате выделения биологическими структурами огибающей модулированного излучения. Однако при действии отмеченных физических факторов малых уровней энергии длина волны механических колебаний на несколько порядков превышает размеры биологического объекта, а их интенсивность существенно меньше известных биологически значимых величин. При этом эффекты обнаруживаются либо на достаточно низких частотах – порядка $10^2$–$10^4$ Гц, либо при импульсной модуляции существенно более высокочастотного внешнего воздействующего поля низкими частотами [Тигранян Р.Э., 2010].

Предпосылкой для поиска механизма нерезонансного воздействия слабого сигнала на биологические структуры в жидких средах импульсами ЭМИ послужили результаты исследований процессов генерации механических ко-

лебаний, и предложена гипотеза о возможной превалирующей их роли в формировании специфических эффектов неионизирующих ЭМП, в соответствии с которой механизм биологического действия импульсно-модулированных СВЧ-полей, ультразвука, лазерного света и вибрации может рассматриваться как единый [Тигранян Р.Э., 2010].

С физической точки зрения резонанс – это усиление колебания системы в результате совпадения частоты внешнего действующего фактора с частотой её собственных колебаний. Это либо упругие волны, возникающие в физическом теле, либо резонанс в электрической цепи. Практически любой объект имеет свои собственные колебания, частота которых зависит от его физических свойств: массы, размеров, формы и степени гетерогенности. С этой точки зрения никакого специфически биологического или биофизического резонанса в природе не существует, все живые и неживые биологические структуры материальны [Аккерман Ю., 1964].

Однако «резонанс», который обычно рассматривается в отношении биологических объектов, не является таковым. Иногда, правда, различные клеточные и тканевые структуры представляют аналогами электрических колебательных контуров, при взаимодействии с которыми внешние электромагнитные волны могут вступать в резонанс с собственной частотой этих систем [Аккерман Ю., 1964], но это справедливо только в отношении переменного (импульсного) электрического тока. О возникновении электрических колебаний в живых структурах под действием всего спектра ЭМИ, тем более, о соответствующих «резонансах», достоверно пока ничего не известно, хотя некоторые гипотезы выдвигались и представлены ниже.

Понятно, что физические явления в живых системах не противоречат фундаментальным законам физики и свойственны не только живой материи, хотя последней присущи некоторые особенности. Именно по этой причине С.Н. Романов (1983) предлагает рассматривать резонанс в живых системах как особое биофизическое или биомеханическое явление и обозначить термином с приставкой «био»: резонанс биологический, биофизический или биомеханический. И даёт достаточно убедительное обоснование в отношении влияния вибрации. Впрочем, это точно такое же электромагнитное взаимодействие, как и другие его разновидности.

Если физический резонанс в механике оценивается физическими же параметрами, чаще всего изменением амплитуды, то в биологических (живых) системах явление резонанса описывается биологическими характеристиками, например, изменением чувствительности объекта к данной частоте колебаний и характером биологической реакции. Сама суть явления резонанса в биосистеме заключается в факте возникновения биологической реакции и её количественной характеристике. Например, неизвестны истинные величины смещения частей митотического аппарата делящейся клетки при вибрации но достоверно показано, что при частотах 70 и 700 Гц митоз заторможен либо полностью парализован. Также неизвестны истинные причины структурных

изменений в тканях животных, подвергавшихся вибрации, но опыты показали, что воздействием в течение 30 мин ускорением 5 g частотой 100 Гц резистентность мышц к влиянию повреждающих факторов оказывается повышенной, а при частоте 25 Гц – резко подавленной. При других частотах этого не наблюдается. Следовательно, в мышце как органе имеются структуры, которые обладают высокой чувствительностью к вибрации с частотами 25 и 100 Гц. При анализе явления резонанса в живых структурах подчёркивается, что его наличие определяется не по физической деформации, а по характеру и интенсивности биологической реакции [Романов С.Н., 1983].

Всё это так, частотные и частотно-энергетические зависимости в биосистемах имеют место, но, к великому сожалению, сам термин «резонанс» в части его применимости в медицинских технологиях стал синонимом мошенничества нечистых на руку дельцов. Есть и другие причины, по которым этот термин не очень корректно применять с приставкой «био».

Вопросов, как правило, не возникает, если биорезонанс рассматривается в классическом варианте, т. е. через физические свойства различных органов, тканей и физиологических структур вследствие их вязкости, упругости, массы и др., как это блестяще сделано А.Б. Тимофеевым с соавт. (2008). В работе показан и обоснован механизм возникновения такого резонанса на основе современных научных данных, сделанные выводы большей частью подтверждены экспериментальными и клиническими исследованиями. Почему же не применить их результаты на практике? Но что удивительно, как раз в данном случае всё иначе, аппарат адаптивно-резонансной вибротерапии, упоминаемый в работе, не выпускается, о его клиническом применении ничего не известно, зато, как паразиты (да простят меня за тавтологию), плодятся всякого рода «антипаразитные» и «ауторезонансные» поделки, эффективность которых не подтверждена ничем. Отличительной особенностью «псевдорезонансных» аппаратов – так по-настоящему их надо называть – является сокрытие механизма действия, да и самого принципа работы – просто потому, что нечего сказать, пустышка и есть пустышка. Такого рода «резонансы» неприемлемы, «био» они или нет. Но их-то как раз и больше всего, поскольку наболтать и написать всякой псевдонаучной ахинеи и при минимальных затратах получить сверхприбыль значительно проще, чем заниматься реальными исследованиями. Не будем делать обобщений, но давно пора разобраться в этом вопросе максимально объективно.

## *Дистанционные межклеточные взаимодействия*

Эта тема заслуживает особого внимания в рамках основной тематики книги, поскольку есть все основания полагать, что в информационные взаимодействия между микроорганизмами вовлечён свет [Николаев Ю.А., 1992, 2000]. Сверхслабые информационно-значимые биоизлучения в организме могут иметь регуляторный смысл, особенно на эмбриональных стадиях раз-

вития, играя роль не только сигнального механизма, запускающего различные биологические процессы, но даже определяя во многих случаях их последовательность и направление развития. Воздействие может реализовываться разнонаправленно, либо как стимуляция биохимических реакций в организме, либо в виде цитотоксического действия [Бурлаков А.Б. и др., 2012]. Это одна из важнейших причин, по которой совершенно справедливо предлагается исследования дистанционных межклеточных взаимодействий централизовать и проводить по всем спектрам (частотам, модуляциям, поляризации) электромагнитных и акустических взаимодействий, что необходимо для объяснения молекулярных механизмов магнито-, лазерной и КВЧ-терапии, широко применяемых в практической медицине [Васильев О.А., 2012].

Некоторые закономерности в части направленности взаимовлияния биологических систем к настоящему времени известны. Например, разделение интерференционными светофильтрами модулирует дистанционное взаимовлияние как разновозрастных, так и одновозрастных групп эмбрионов вьюна. Использование светофильтров с максимумами пропускания в ультрафиолетовой (372 нм, 379 нм) и зелёной (546 нм) областях спектра приводит к замедлению темпов развития зародышей; в УФ (386 нм), фиолетовом (401 нм, 405 нм), красном (628 нм) и ИК (1000 нм) диапазонах – к ускорению их развития [Медведева А.А., 2008]. Обнаружено оптическое взаимодействие зародышей *X. laevis* в период дробления, влияющее на темп и пространственно-временную скоррелированность развития. Измерено сверхслабое излучение зародышей *X. laevis* от оплодотворения до стадии хвостовой почки. Показано, что несмотря на равенство фону по средней интенсивности, излучение зародышей имеет свои стадио-специфичные спектры Фурье. В период дробления (ст. 1–4) спектры Фурье зародышей выше фона по мощности на группе частот в диапазоне 0,01–50 Гц и ниже фона в диапазоне 0,1–500 Гц; на ст. 8 (средняя бластула) обнаружены группы частот в диапазонах 0,01–50 и 0,1–500 Гц. Их появление совпадает со временем внезапной активации генома зародыша – *mid-blastula transition* [Володяев И.В., 2007].

Однако значительно больше нерешённых проблем, особенно в понимании механизмов реализации дистанционного межклеточного взаимодействия, данные экспериментальных работ разных исследователей порой диаметрально различаются.

Возможность взаимодействия биосистем без посредства химических или механических сигналов, т. е. в «полевой» форме, экспериментально впервые показал советский учёный А.Г. Гурвич (1944). Был сделан вывод, что между активно делящимися клетками возникает связь посредством некоего поля, названного «митогенетическим» излучением. Однако оставалось неясным (впрочем, и до сих пор проблема не решена), как биологическим системам удаётся обнаруживать столь слабые сигналы на фоне мощной помехи, которой является естественный свет. Чтобы разрешить противоречие, автор идеи предположил, что коммуникационные функции выполняет особое поле нефизиче-

ской природы, названное им *биополем*. Согласно его теории, с клеткой связано непрерывно существующее поле, имеющее векторный характер (волновую природу) и специфичную для каждого вида анизотропию (структуру). Складываясь по волновым законам, клеточные поля определяют пространственную упорядоченность частей и общую форму целого организма.

Совершенно независимо от А.Г. Гурвича в этот же период времени и в том же направлении, но под другим углом зрения, если так можно выразиться, проводил свои исследования Б.Б. Кажинский (1963). Он предположил, что возможен процесс передачи мыслительного сигнала на расстояние в виде электромагнитных волн в радиочастотном диапазоне. Результаты его работ, а также аналогии, проведённые между анатомией различных систем человека и радиоустройствами, чрезвычайно интересны, однако никакой практической реализации впоследствии не получили.

Морфогенетическое поле (в современной терминологии), конечно, заманчиво использовать для объяснения взаимодействия различных биологических структур и управления внутриклеточными процессами, однако кроме некоторых успехов описания с позиций нелинейной термодинамики [Гленсдорф П., Пригожин И., 1973; Glansdorff P., Prigogine I., 1971] в остальном всё остаётся пока на уровне гипотез [Bizzarri M. et al., 2013].

Идеи разнообразны, и не всегда речь идёт о «биорезонансе». Существует целый ряд самых различных устройств и приборов СВЧ для усиления и генерации электромагнитных колебаний, содержащих нерезонансные широкополосные колебательные системы, в основе работы которых лежит явление (принцип) фазового синхронизма, реализуемого с помощью так называемых замедляющих структур (ЗС), представляющих собой периодические элементы. При наличии двух волновых процессов, таких как электронный поток и поле СВЧ, их взаимодействие возможно при близких значениях скоростей распространения. Это условие выполнимо в случае применения передающей линии с задержкой, т. е. при наличии ЗС. Таким образом, фазовый синхронизм обеспечивает длительное взаимодействие двух волновых процессов. Если они имеют одну и ту же природу и обладают близкими значениями скоростей, то при параллельном их движении в точках равной фазы имеет место нарастание амплитуды волн. Привлечение этого принципа для объяснения механизмов биологического действия неионизирующего ЭМИ нетепловых энергий позволяет выявить признаки подобия некоторых технических и биологических структур, следовательно, принципиальной возможности реализации в живых системах принципа фазового синхронизма. Тем самым можно предположить наличие определённого круга биологических структур, способных играть роль не только первичных преобразователей поглощённой энергии, но и осуществлять его нерезонансное усиление [Тигранян Р.Э., 2010].

Анализируя работы по исследованию влияния низкоэнергетического неионизирующего ЭМИ на клеточные и субклеточные структуры, а также данные большого количества других работ, Р.Э. Тигранян (2010) пришёл, по его мнению,

к выводу, что именно эти структуры являются определяющими в формировании наблюдаемых эффектов в СВЧ-диапазоне. При этом обязательным условием является наличие периодичности биологической структуры, которая должна формироваться в пространстве таким образом, чтобы обеспечивать возможность многократного взаимодействия сдвиговых волн на отдельных её участках между собой и, таким образом, имитировать распространение двух отдельных волновых процессов в данный момент времени. Принципиально важным становится наличие режима бегущей волны, который обеспечивается конечной величиной затухания механических колебаний в биологических системах.

На рис. 4.8 показаны фрагменты некоторых технических систем СВЧ, реализующих принцип фазового синхронизма при распространении в них элек-

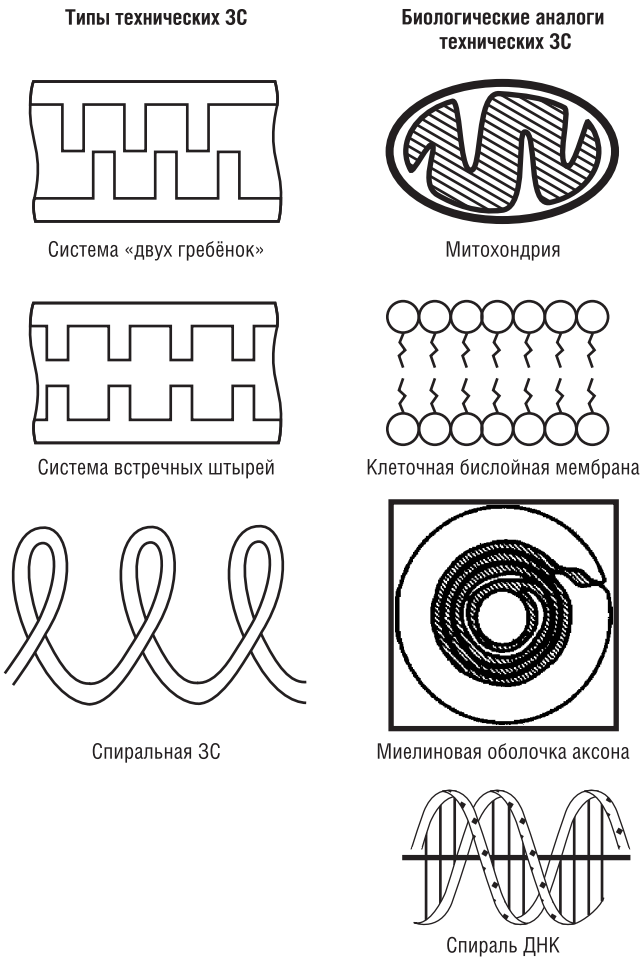



*Рис. 4.8.* Типы устройств, т. н. замедляющих структур (ЗС), применяемых в СВЧ-технике, и их биологические «аналоги» (Тигранян Р.Э., 2010)

тромагнитной волны, и их возможные биологические аналоги, обладающие одним общим свойством – периодичностью. Однако, по нашему мнению, признать такой подход верным не представляется возможным. По той же самой причине, по которой сам автор её отвергает (в косвенном виде), рассуждая о неспецифичности процессов взаимодействия биологических объектов на разных уровнях с ЭМИ в широком диапазоне частот (длин волн). При этом весьма уважительно относимся к самой идее, считая её, безусловно, интересной и требующей дальнейшего изучения свойств подобных биологических структур.

Развитие биофизики существенно повлияло на формирование представлений о «биологических» полях, кроме того, получили надёжное экспериментальное подтверждение их существования. Исследования 60–80 годов позволили установить наличие у живых организмов рецепторов и связанных с ними регуляторных систем, чувствительных к различным типам излучений. Была показана способность клеток к генерированию электромагнитного излучения, появились определённые основания говорить о биорегуляторной роли эндогенных физических полей. Их природа и частотный спектр весьма различны: от механических (акустических) колебаний до ЭМИ оптического и радиодиапазонов, вовсе не особое, «биологическое» поле.

По мнению С.Э. Шноля (1967), одним из возможных источников акустических волн служат конформационные колебания макромолекул. Разделение и перенос зарядов (электронный и ионный транспорт, донорно-акцепторные переходы и т. п.), лежащие в основе многих жизненно важных процессов, позволяют говорить о клетке как об «электрической машине» [Сент-Дьёрдьи А., 1971], и в соответствии с законами электродинамики она просто обязана быть чувствительна к электромагнитным полям. Что и подтверждается собранным А.С. Пресманом (1968) обширным экспериментальным материалом, свидетельствующем о чрезвычайном разнообразии реакций живых организмов на воздействие ЭМИ. Также высказывается предположение, что ЭМИ могут участвовать в передаче биологической информации при условии своей когерентности (согласованности, организованности), выполняя коммуникационные функции как внутри клетки, так и в межклеточном (межорганизменном) взаимодействии.

Полностью исключить химическую компоненту при доказательстве дистанционного характера взаимодействия живых структур впервые удалось в опытах с «зеркальным цитопатическим эффектом» [Казначеев В.П., Михайлова Л.П., 1981]. Контактирующими объектами служили культуры животных тканей, изолированные в кварцевых колбах с питательной средой. Часть культур – индукторы – подвергались действию экстремальных факторов (УФО, отравление сулемой, вирусное заражение), вызывающих гибель клеток. В интактных культурах, исполняющих роль биодетекторов, нормально пролиферирующие клетки также начинали погибать, если в течение нескольких часов имели оптический контакт с поражённой культурой, но эффект наблюдался не сразу, а лишь спустя 12–13 часов. «Зеркальный» (наведённый) цитопатиче-

ский эффект наиболее надёжно регистрировался, когда в качестве индуктора и детектора использовали клетки гомологичных тканей, между разнородными образцами он был значительно слабее или не проявлялся вовсе. Величина его также зависела от гелиогеомагнитной обстановки: активности солнца, геомагнитных возмущений, географической широты и т. п. В силу этого в различные годы и даже месяцы межклеточные взаимодействия могли происходить с различной степенью выраженности.

Описанные эффекты в тканевых культурах, по-видимому, обязаны механизму, в основе которого заложены возможности специфического управления теми или иными процессами. Вряд ли правильно было бы считать, что сигналы о гибели клеток выполняют лишь функцию «включения» реакции, т. е. начального (зонального) момента, как это наблюдалось, вероятно, в экспериментах А.Г. Гурвича (1944). Ясно, что процесс митоза запрограммирован в клетке, и если подобрать селективное воздействие, обладающее свойством включения этой программы, то весь последующий процесс самого митоза организуется уже самой клеткой изнутри. Однако в опытах В.П. Казначеева и Л.П. Михайловой (1981) совершенно иная ситуация, вряд ли допустимо предположение о том, что цитопатический эффект, т. е. болезнь и гибель клеток под влиянием вируса, запрограммированы в самих клетках. Следовательно, для того чтобы клетка воспроизвела весь цикл «мнимого поражения» вирусом от первоначальных стадий вплоть до её гибели, одного пускового сигнала недостаточно, требуется длительное постоянное воздействие на клетку каких-то факторов, которые специфически направляли бы и изменяли её обменные процессы от начала до конца.

Если же обратить внимание на длительность управления в «зеркальной» культуре клетки, то следует думать об очень большом разнообразии и богатстве сигналов. Можно допустить несколько возможных вариантов подобного явления. Во-первых, предположить, что каждый цикл ферментативных превращений в поражённых клетках сопровождается электромагнитным излучением определённой частоты и поляризации. Последовательное поступление сигналов в здоровую клетку в таком случае должно реализовать в ней соответствующую активацию ферментативных систем в строгой последовательности. При этом для клетки-индуктора излучение есть лишь потеря, свидетель её жизни, а для клетки-детектора оно приобретает значение специфического сигнала.

Более вероятна другая гипотеза. Можно полагать, что для клетки-индуктора некое излучение представляет обязательное и необходимое проявление её жизнедеятельности, т. е. речь идёт о структурированных электромагнитных полях, которые для самой клетки являются её внутренней системой передачи информации, без которой жизнь клетки невозможна. Такое предположение высказывалось многими авторами [Гурвич А.Г., 1944; Инюшин В.М., Чекуров П.Р., 1975; Казначеев В.П. и др., 1964, 1965; Николаев Ю.А., 1992, 2000; Popp F.A., 1979].

Если признать, что в клетках существуют такого рода электромагнитные поля, то при определённых условиях другие клетки, попадая под их влияние, воспринимают это как атрибут жизни и часть собственной сигнально-информационной системы. Такое предположение для объяснения результатов опытов авторы исследования посчитали наиболее приемлемым. Свою работу В.П. Казначеев и Л.П. Михайлова (1981) заканчивают словами, которые стали девизом и прямым руководством для своих последователей: «Наши наблюдения о роли электромагнитных полей в передаче биологической информации в системе клетка-клетка дают основание высказать предположение, что чисто химический механизм этой связи может быть не первичным, а есть следствие более сложных полевых процессов, которые по существу и представляют собой истинный механизм передачи информации структуры внутри клетки. В таком случае функционирующая клетка является источником и носителем сложного электромагнитного поля, структура которого, сама порождаемая биохимическими процессами, постоянно направляет и управляет всей метаболической деятельностью клетки. В таком понимании, с одной стороны, клетка – это сложный биохимический комплекс, с другой – электромагнитное поле, т. е. клетка – это поле, порождённое обменом веществ, и обмен, порождённый полем».

Весьма спорное утверждение, особенно его заключительная часть, если рассматривать с той точки зрения, что гипотетические, не более того, выводы во многом способствовали появлению в дальнейшем многочисленных публикаций уже абсолютно спекулятивного характера на тему «полевой», «волновой» или «квантовой» основы жизни.

Самое главное, возникает вопрос о биологическом смысле описанного явления, подразумевая *a priori* изначальную обусловленность его наличия необходимостью поддержания жизни и защиты её от внешнего губительного влияния. Почему же тогда поражённые экстремальными агентами клетки *индуцируют гибель* в здоровых «собратьях», а не повышают их способность к защите от потенциальной угрозы? Почему, наоборот, здоровые клетки, обладающие точно таким же ЭМП (другого быть не может), не оказывают положительного влияния на погибающие, что более логично с точки зрения механизмов адаптации, да и принципов организации жизни в целом? Основная задача всех организмов – выжить при любых условиях! Авторы исследования также задавали себе этот вопрос, но не нашли на него вразумительного ответа. Возможно, по одной простой причине – они изначально предположили, что наличие излучения есть необходимое и обязательное условие существования *нормальной* клетки (см. цитату выше). Однако если предположить, что такое «биополе» присуще лишь *патологическим* клеточным структурам с уже извращённой (нарушенной) физиологией, то сразу становится понятно: никакого биологического смысла в явлении «зеркального цитопатического эффекта» нет. Это лишь весьма убедительная демонстрация одного из способов распространения сигнала нормальным клеткам на самоуничтожение.

Апоптоз – важный этап нормального клеточного цикла, но почему клетки должны погибать просто «за компанию» с другими, совершенно непонятно. Возможно, существуют также некие «положительные» *био*излучения, свойственные *нормальным* клеткам, регулирующие *нормальные* внутриклеточные процессы и позволяющие «общаться» клеткам между собой. Из исследования В.П. Казначеева и Л.П. Михайловой (1981) такой вывод сделать нельзя никоим образом, и хотя в других работах подобные взаимодействия были показаны, это не очень упростило задачу объяснения механизма, да и простой биологической целесообразности подобного явления.

С этой точки зрения представляют интерес результаты исследований В.А. Мостовникова с соавт. (1989), с высокой степенью достоверности показавших наличие эффекта дистанционной синхронизации митоза исследуемых животных клеток в монослоях-интукторах и монослоях-детекторах посредством электромагнитного излучения видимого диапазона как в случае стимуляции красным светом ГНЛ, так и в случае угнетения синим светом ГКЛ митоза. Во всех опытах направление изменения митотического индекса в монослоях-детекторах по сравнению с контрольными было таким же, как и в монослоях-индукторах. При условии пропускания от монослоя-индуктора к монослою-детектору электромагнитного излучения всего видимого диапазона наблюдался эффект синхронизации митоза как для случая стимуляции, так и угнетения. Если же на пути излучения устанавливался фильтр с областью пропускания 400–500 нм, то наблюдался эффект синхронизации митоза только в случае угнетения. При наличии фильтра с полосой пропускания 300–700 нм эффект синхронизации митоза наблюдался только для стимуляции. При нарушении оптического контакта между монослоем-индуктором и монослоем-детектором митотический индекс в монослоях-детекторах не отличался от интактных клеток. Необходимым условием наблюдения описанного эффекта является использование монослоёв с хорошей однородностью распределения клеток и при их плотности $(4–5) \cdot 10^4$ клеток/см$^2$.

Положительное влияние собственного свечения клеток продемонстрировано также в другом исследовании. При обработке *Escherichia coli* антибиотиком культура выделяла адаптогенные факторы, при этом сигналы, исходящие от культуры-излучателя, были также направлены на *повышение устойчивости* клеток детекторной культуры к антибиотику [Трушин М.В., 2003]. Мы видим более логичную ответную реакцию клеток-детекторов и положительную роль в этом процессе межклеточного дистанционного взаимодействия. С объяснением другого явления, обнаруженного в этом же исследовании, сложнее. Эффект стимуляции роста *Escherichia coli* красным и инфракрасным светом (параметры не указаны) снижается, когда освечиваемая культура выращивается совместно с другой, интактной культурой [Трушин М.В., 2003]. Получается, что культура-детектор также влияет на освечиваемую культуру, мешая каким-то образом в полной мере ответить последней на внешнее воздействие, т. е. необходимо признать существование как положительных, так и отрицательных,

к тому же весьма сложных обратных связей *взаимо*действия и *взаимо*влияния разделённых в пространстве культур.

Обратим внимание на различия в спектральных диапазонах дистанционного взаимодействия, которые обнаруживают разные авторы. Предположение, что именно УФ оптическое излучение является носителем передаваемой информации, поскольку ограничение именно этой части спектра прекращало взаимодействие изолированных культур клеток, что одновременно наводит на мысль об участии белковых структур в этом процессе [Казначеев В.П., Михайлова Л.П., 1981], также вызывает сомнения. На этот счёт есть прямо противоположное мнение. Наличие эффекта дистантных взаимодействий при использовании посуды, не проницаемой для ультрафиолетового излучения, а также отсутствие эффекта взаимного влияния культур в случае их оптической изоляции, позволяют предположить, что средством коммуникации не может быть УФ-диапазон, только видимый и ИК спектры [Мостовников В.А. и др., 1989; Трушин М.В., 2003]. M. Cifra с соавт. (2011) в обзорной статье наглядно демонстрируют широкий диапазон длин волн от УФ- до ИК-спектра, в котором разные авторы предполагают внутриклеточные взаимодействия. У.Х. Копвиллем с соавт. (1988) в колонии делящихся клеток вообще обнаружили излучение на частоте 7 МГц и в диапазоне 50–60 МГц, ширина полосы менялась от 50 Гц до 2 МГц, что чрезвычайно далеко от оптического диапазона.

В литературе встречаются весьма экзотичные варианты объяснения процесса синхронизации межклеточного взаимодействия, например, в качестве генераторов и акцепторов «информационных» волн рассматривались различные жидкокристаллические внутриклеточные структуры [Захаров С.Д. и др., 1989; Минц Р.И., Скопинов С.А., 1989] или внутриклеточная вода со своей способностью образовать фрактально-кластерные структуры [Бурдаков В.П., 2004]. За рубежом в области изучения этих процессов наиболее известен биофизик Fritz-Albert Popp (1979), много лет пытающийся обосновать возможность передачи информации между живыми системами в виде когерентных фотонов, названными им «биофотоны», термин используется автором для описания постоянных сверхслабых (1–100 фотон/с/см$^2$) излучений в УФ-диапазоне. Причём, по его мнению, этот биологический феномен имеет биоинформационный характер и обеспечивает процесс передачи информации именно благодаря «когерентности» фотонов. Мол, это свойство принципиально отличает их от некогерентного света как естественного продукта обмена веществ, например, теплового излучения или биолюминесценции (хемилюминесценции), вызванных реакций окисления. Процесс генерирования когерентных «биофотонов» предположительно является частью функций ДНК и регуляции генов [Popp F.A. et al., 1984].

Единственное желание, возникающее после знакомства с работами этого автора, на которые многие так любят ссылаться, – высказаться в отношении термина «когерентность», упоминаемого им рядом с фотоном. Вспомним школьный учебник физики и понятие «корпускулярно-волновой дуализм»,

используемое при описании явлений, происходящих с электромагнитным излучением оптического диапазона (светом). Такое разделение – «частица» (корпускула) и «волна» – введено ещё в XIX веке специально для того, чтобы отличать эффекты, свойственные свету как потоку частиц (фотонов) и явлений, происходящих с оптическим излучением, представляемого в виде распространяющихся волн. Так вот, *только волновым* процессам присущи такие явления, как интерференция и дифракция, а также связанный с ними термин «*когерентность*», означающий «согласованные колебания *волн*». Упоминать его рядом со словом фотон с точки зрения физики так же безграмотно, как «три зелёных свистка» из известной шутки. Сочетание несочетаемого. Это настораживает и вызывает сомнения в компетенции автора.

К тому же дальнейшие исследования показали, что подобное сверхслабое излучение фотонов характерно для многих биологических структур, например, происходит с поверхности кожи человека, причём не в ультрафиолетовой, а в видимой и инфракрасной областях спектра, и коррелирует с электродермальной активностью [Cohen S., Popp F.A., 1997]. В итоге спектральный диапазон был расширен от 260 до 800 нм, но механизмов, убедительно объясняющих явление, предложено так и не было, специфичность структуры «биофотонов» не выявлена, и всё продолжает сводиться к голословным рассуждениям о теоретической возможности роли этой самой когерентности [Popp F.A., 2003, 2009]. Интересные, но малосодержательные по своей практической значимости публикации.

В одном из обзоров, который посвящён изучению влияния ЭМИ на живые клетки, прямо сделан вывод, что пока многочисленные теоретические разработки никакого подтверждения на практике не получили. Объём экспериментальных данных, который стремительно растёт, вызывает больше вопросов, чем ответов, до сих пор не решена даже проблема элементарной воспроизводимости экспериментов. Никто не может объяснить способ передачи «информации», механизмы её восприятия живой клеткой и преобразования в физиологические реакции. Отчасти это связано с тем, что диапазон ЭМИ, в котором обнаруживается их действие на биосистемы, чрезвычайно широк, от ультрафиолетового оптического излучения до миллиметровых и сантиметровых волн [Cifra M. et al., 2011].

Остановимся ещё на одном очень интересном исследовании, проведённом А.В. Будаговским (2004), и по мнению автора, показавшем возможность передачи клеточной информации посредством голографического изображения. Эффект стимулированной индукции морфогенеза был обнаружен в экспериментах с плодовыми растениями. Их каллусные ткани (недифференцированные клетки, способные дать начало целому растению) в культуре *in vitro* плохо регенерируют, даже при наличии в питательной среде необходимых гормонов. В эксперименте голографическое изображение дифференцированных клеток ткани побега вишни переносили на каллусную ткань. Это сложно организованное световое поле стимулировало пролиферативные процессы в

строго определённых областях каллуса, которые, по всей видимости, и явились инициальными зонами морфогенеза. Растения-регенеранты, полученные с помощью голограммы, были размножены в культуре *in vitro*, адаптированы и высажены в грунт, нормально развивались в полевых условиях, не отличаясь фенотипически от исходного сорта. Их плоды по морфологическим признакам также были идентичны с исходным сортом.

Из этого, безусловно, красивого эксперимента был сделан очень оптимистичный вывод – голограмма является эффективным способом передачи биоинформации, поскольку количество регенерантов в контроле составило 3,6 ± 2%, в вариантах с лазерным (немодулированным) освечиванием 8,3 ± 5,6%, а с голограммой 26,1 ± 9,2% [Будаговский А.В., 2004]. Но обратим внимание на то, что НИЛИ самостоятельно, без всякой модуляции, хоть не столь эффективно, как голограмма, также вызывает ответную реакцию.

Совершенно непонятно, на основании чего вообще сделан вывод, будто бы в эксперименте передана какая-то «информация» об объекте, в который каллус должен был вырасти? Кто пробовал для чистоты эксперимента перенести голографическое изображение груши, или вообще неодушевлённого предмета? Что в этом случае вырастет? Объяснение результатам этого эксперимента находится достаточно простое: голографическое изображение по своей физической сущности лишь специфическая интерференционная картина, т. е. промодулированное по времени и в пространстве лазерное излучение. Модуляция, да ещё многочастотная, всегда повышает эффективность лазерного воздействия, данный факт хорошо известен и подробно рассмотрен во 2-й части книги.

И уж совсем недопустимо, как делают некоторые, утверждать, ссылаясь на работы этого автора, что получено доказательство факта хранения генетической информации в виде голографического изображения. Хотя бы по той причине, что для считывания голограмм не нужен когерентный источник (лазер), достаточно только яркого света. Это может подтвердить любой, кто хоть раз в жизни их видел.

## *«Волновой генетический код» и солитоны*

Последнее замечание в полной мере относится к П.П. Гаряеву (1993, 1997), утверждающему, что будто бы носителем генетического кода является не столько специфическая последовательность аминокислот структуры ДНК, сколько некая волновая структура в виде «голографического изображения». Однако нашей целью является не критика этой идеи, с ней можно ознакомиться в Интернете (Волновая мистика П. Гаряева: http://www.scorcher.ru/mist/gariaev/gariaev.php), известные постулаты [Watson J., Crick F., 1953] не опровергаются автором, и это уже хорошо. Проблема в том, что подобные представления пагубным образом влияют на развитие науки, особенно в части достоверности исследований и возможности практической реализации их результатов.

Большинство заблуждений или специально создаваемых мифов в той или иной степени находится в ассоциативном ряду *свет–кванты–волны–лазер*, когда осуществляется попытка обосновать известные эффекты биологического действия лазерного света через «квантовые» или «волновые» (авторы постоянно путаются в своих терминологических предпочтениях) механизмы хранения и передачи информации в живых клетках. Различные клеточные структуры представляются ими в виде источника «информационных волн», своего рода «биолазера», который якобы регулирует внутриклеточные процессы.

Первой, конечно, нужно упомянуть работу В.Е. Илларионова (1998), как своего рода «образец» для подражания желающим нагромождением терминов и пересказом никем не признанных теорий максимально искусно замаскировать полное отсутствие какой-либо мысли. Чего там только нет: «континуум молекулярного микромира живых существ», «информационно-распорядительные комплексы биоструктур», «электронная поляризация диэлектриков», «процесс синтеза информации», «информационная частота», «информационные полимеры», «солитонные волны» и пр. При этом так и остаётся без ответа самый главный вопрос: какое всё это нагромождение абсолютно бессмысленных и не связанных друг с другом терминов имеет отношение к физиотерапии?

Как обоснование «новой парадигмы» выглядит, мягко говоря, нелепо. Нельзя же всерьёз воспринимать описание такой гипотетической цепочки развития процессов в биологических системах (*в скобках комментарии*): «Вся энергия воздействующего ЭМИ переходит в электрическую (*каким это образом, интересно знать?!*), затем происходит её трансформация (*во что?),* утилизация (*куда?*) и распространение (*после «утилизации»?!*)» [Илларионов В.Е., 1998]. Ни один из этапов предложенной «схемы» не имеет не только экспериментального, но даже теоретического обоснования. Единственная конкретная рекомендация относится к снижению плотности мощности ЭМИ (в том числе и лазерного света) до 1–10 мкВт/см$^2$, «при условии обеспечения синхронизации ритмов действующего фактора». Уточнения по частотам этих ритмов, а также способе и механизмам реализации такого воздействия отсутствуют, никаких экспериментальных или клинических доказательств эффективности не приводится. Всего одна фраза. Самое печальное, что это чудовищное нагромождение несуразностей не только цитируется другими авторами с формулировкой «доказано», но, по сути, полностью воспроизводится в качестве обоснования других идей и принципов работы различных технических устройств, якобы имеющих отношение к медицине [Системы нелинейной диагностики, 2002].

Подобными псевдонаучными публикациями, как правило, маскируют свою неприглядную деятельность откровенные шарлатаны, реализующие суперчудо-антипаразитные-информационно-волновые аппараты, не имеющие в своей основе ничего, кроме мигающих светодиодов на коробочке, создающей видимость работы. Для мошенников очень привлекательна сложность представления материала, якобы предполагающая серьёзность методологического

подхода. Только достаточно узкому кругу специалистов понятно, что за этим скрывается пустота, у большинства же создаются нужные иллюзии, необходимые для обмана. Лишь в связи с этим обстоятельством мы так подробно и рассматриваем эту брошюрку, хотя есть в ней, повторимся, и одно рациональное зерно, идея снижения «дозировок» в физиотерапии, и в лазерной терапии в частности, носит прогрессивный характер. Однако как теоретическое, так и экспериментальное обоснование этой концепции совершенно другое, основанное на научном подходе к изучению механизмов биологического действия НИЛИ и выполнено совсем другими исследователями.

В работах П.П. Гаряева (1993, 1997) и В.Е. Илларионова (1998) часто цитируется гипотетическая модель способа передачи информации в биосистемах через генерацию колебаний среды и распространения пакета упругих волн, построенного из квантовых состояний с частотой порядка $10^{12}$ Гц, как попытка замены общеизвестного механизма электронных переходов волновыми процессами, на том лишь основании, что в этом диапазоне частот (дальняя ИК-область) ЭМИ имеет как волновой, так и квантовый характер [Фрёлих Г., 1977]. Не упоминается, правда, что эта гипотеза давно отвергнута, поскольку образование подобных когерентных пакетов просто невозможно, это понимают все специалисты в данной области. Для объяснения причин несостоятельности данной модели требуются достаточно глубокие познания в области квантовой механики, поэтому подробности приводить не будем.

Но заблуждения носят порой весьма устойчивый характер, и как бы в развитие идей Г. Фрёлиха (1977) приводится предположение А.С. Давыдова (1986), что механизм движения электронов вдоль пептидных цепей белковых молекул можно описать в форме нелинейных уединённых волн – солитонов (сокращённое от английского *solitary wave*). Однако реально это не более чем попытка пощеголять новым малопонятным термином. В упомянутой же выше работе всего лишь объясняются механизмы переноса *энергии* на отдельных участках *энергетических* процессов в биологических системах, например, при мышечном сокращении, при работе митохондрий и пр. Ни о каком «информационном» переносе речи не идёт. Более того, сам же А.С. Давыдов (1979) с позиций квантовой механики неопровержимо доказывает, что вероятности излучения фотонов солитонами и образования солитонов под действием света ничтожно малы. Таким образом, солитоны никакого отношения ни к механизмам биологического действия НИЛИ, ни к передаче информации внутри живой клетки не имеют.

Чтобы совсем запутать читателей, а заодно и поразить их якобы широтой своих познаний, упоминается некий «механизм возврата Ферми–Паста–Улама». О чём на самом деле идёт речь? E. Fermi et al. (1955) своими расчётами на только появившихся тогда ЭВМ пытались выяснить условия термолизации (перераспределение энергии) в цепочке периодически расположенных частиц, между которыми действуют линейные и квадратичные силы, и, к удивлению авторов, выяснилось, что в такой системе она не наступает. N.J. Zabuski,

M.D. Kruskal (1965) показали, что этот процесс всё же имеет место, но как раз за счёт распространения солитонов, упоминаемых выше. Собственно, и всё, ни к лазеру, ни к «информационно-волновым» процессам это не имеет никакого отношения.

Высказывается также мнение, что белковые структуры могут обладать полупроводниковыми свойствами и иметь зоны проводимости, по которым могли бы перемещаться электроны [Илларионов В.Е., 1998]. Идея принадлежит А. Сент-Дьёрдьи (1960), но была опровергнута быстрее, чем его книга переведена на русский язык. Из данных о спектрах поглощения света белковыми молекулами следует, что ширина запрещённой зоны для собственных электронов таких молекул не меньше 4,8 эВ [Мецлер Д., 1980]. Теоретически в пространственно однородной кристаллической структуре и при наличии направленного электрического поля преодоление такого потенциального барьера могло бы быть осуществлено. Но в белках создать такие условия невозможно, они диэлектрики, а не полупроводники. И этот механизм взаимодействия НИЛИ с белковыми структурами не может быть принят во внимание.

Р.И. Минц и С.А. Скопинов (1989) исследовали структурную альтерацию биологических жидкостей и их моделей при воздействии светом ГНЛ. Структурные эффекты в сложных многокомпонентных растворах играют важнейшую роль. Особое место среди них занимают лиотропные жидкокристаллические комплексы, по степени упорядоченности и структурной сложности приближающиеся к биологическим гуморальным средам. Известно, что такие комплексы обладают уникальной чувствительностью к слабым внешним возмущениям различной физической природы. Отмечено, что действие лазерного света (средняя мощность не более 10 мВт) в рассмотренной системе имеет некоторые особенности, отличающие его от традиционных фотохимических явлений. Например, отсутствует пропорциональная зависимость энергия/эффект, кривые носят преимущественно колоколообразный характер, а мощность излучения и время экспозиции являются самостоятельными параметрами. Исходные компоненты экспериментальной системы (лецитин, вода, перекись водорода) не поглощают селективно (т. е. резонансно сильно) свет в спектральной области работы гелий-неонового лазера (633 нм), следовательно, эффекты вызываются сверхмалой поглощённой энергией, или, другими словами, «информационным» воздействием. Г.Р. Мостовникова с соавт. (1990) также поддерживают эту идею, указывая, что определённую роль в механизме БД НИЛИ могут играть светоиндуцируемые перестройки молекулярных и субмолекулярных жидкокристаллических (ЖК) структур.

Результаты экспериментов на моделях были проверены на раневых процессах. Установлено, что стимулирующее воздействие НИЛИ на процесс заживления как асептических, так и гнойных ран сопряжено с формированием и перестройкой ЖК-структур биожидкостей, характеризующих процессы их структурной альтерации. Локальное воздействие на рану вызывает трансформацию ЖК не только непосредственно в цитоплазме клеток раны, но и в крови,

и в изолированных от ран биожидкостях: желчи, кишечной и желудочной слизи. Характер перестроек во всех биожидкостях однотипен, что указывает на единую природу процессов, индуцируемых в различных частях организма при местном лазерном воздействии. Восприимчивость биожидкостей к освечиванию в пробирке существенно изменяется при различных стадиях процесса заживления раны, максимум восприимчивости наблюдается на начальной стадии воспаления [Минц Р.И., Скопинов С.А., 1989].

Множественность (плейотропность) эффектов НИЛИ на биологические системы предполагает модифицирующее влияние лазерного света на фундаментальные процессы, обеспечивающие поддержание гомеостаза. Основой всего живого на Земле является вода, имеющая сложную структуру, в конденсированной фазе представляет собой смесь гексагональных фрагментов ($H_2O_6$) и трёхатомных молекул ($H_2O$). Гексагональные фрагменты (кольца) в зависимости от условий могут объединяться в кластеры различного размера. Соотношение концентраций и размеры кластеров определяют структурное состояние водного матрикса. Кластерные структуры находятся в колебательном состоянии и образуют систему осцилляторов. Колебания, самосинхронизируясь в живом организме, создают собственное слабое электромагнитное поле. Следовательно, водный матрикс имеет пространственную и временну́ю организацию и может выполнять роль синхронизатора и эталона времени в биосистемах, что позволяет говорить о биоинформационных свойствах водных систем. Установлено, что в здоровом организме существует динамическая иерархия водных структур, проявляющаяся в наличии чётко очерченных водных резонансных пиков. Базовые резонансные частоты воды и здоровых тканей человека идентичны. Очевидно, в условиях нормального функционирования биосистемы деятельность её гомеостатических механизмов направлена на поддержание и сохранение определённой структурной организации водного матрикса [Брилль Г.Е. и др., 1998].

При воздействии различных альтерирующих агентов, приводящих к изменению биоструктур, нарушению клеточного метаболизма и развитию патологического процесса в ткани (воспаление, ишемия, дистрофия, опухоль и т. п.), изменяется и структура водного матрикса. Это проявляется в изменении амплитудных и частотных характеристик резонансного отклика. При незначительных аномалиях возникают локальные напряжения в структуре водного матрикса, которые могут быть ликвидированы в силу определённой его «эластичности» (наличие внутренней энергии матрикса) без привлечения дополнительных энергетических источников. Водный матрикс выступает в этом случае в качестве одного из важнейших ауторегуляторных гомеостатических факторов. При грубой альтерации возникают более глубокие изменения, которые не могут быть репарированы за счёт использования внутренней энергии матрикса. В этом случае дополнительный приток легкоусвояемой энергии может способствовать быстрейшему восстановлению структуры водного матрикса. Подобное влияние на биосистему оказывает воздействие НИЛИ,

после которого отмечается нормализация изменённых в условиях патологии резонансных характеристик [Брилль Г.Е. и др., 1998].

Однако все эти данные были получены в модельных экспериментах, реализовать подобные эффекты в живых системах не удаётся, следовательно, утверждать однозначно о существовании «резонансных» (в чистом виде) механизмов биологического действия НИЛИ нельзя. Уточняем ещё раз, что речь в данном случае идёт о наличии (отсутствии) систем в живой клетке, способных специфическим, «резонансным» способом взаимодействовать с внешними ЭМИ, как радиоприёмник, настроившись на заданную частоту, преобразовать внешний сигнал в многократно усиленном виде в полезную функцию.

## *Вегетативно-резонансный тест и биорезонансная терапия*

Начнём с теоретического обоснования, определения самого понятия, для чего цитируем первоисточники. «Вегетативный резонансный тест (ВРТ) – один из методов электропунктурной диагностики, являющийся дальнейшим развитием электропунктурной диагностики по методу Р. Фолля. ВРТ позволяет проводить интегральную оценку состояния здоровья человека и осуществлять топическую диагностику, определять эффективность и переносимость различных гомеопатических средств, подбирать оптимальные режимы и схемы электромагнитных физио- и рефлексотерапевтических воздействий на пациента» [Электропунктурный…, 2000].

«В основе биорезонансной терапии (БРТ) лежит воздействие слабыми электромагнитными полями с определёнными характеристиками, входящими в резонанс с колебаниями органов и тканей организма пациента. Различные варианты БРТ отличаются друг от друга частотными характеристиками, формой сигнала и принципами их назначения» [Биорезонансная терапия, 2000]. Другими словами, «диагностика» неразрывно связана с «лечением».

Предполагается, что в основе диагностических и лечебных (якобы) свойств данного метода лежат некие гипотетические «энергоинформационные механизмы» биологического действия физических факторов малых и сверхмалых интенсивностей [Готовский Ю.В., Перов Ю.Ф., 2003].

Собственно, это лишь отечественный вариант метода биорезонансной терапии, предложенного F. Morell в 1970–80 гг., позднее названного МОРА-терапией [Людвин В., 1992; Morell F., 1978]. Осуществляется регистрация электромагнитных сигналов в различных частотных диапазонах от организма человека при помощи размещённых на коже пространственно разнесённых электродов, обработка и возврат сигналов, которые якобы после этого уже обладают лечебными (корректирующими) свойствами. Метод был разработан на основе исследования человека в целом (модель «чёрного ящика»), когда анализируются сигналы на входе и выходе, описывающие

функцию системы. При этом даже попытки объяснения механизмов возникновения подобного феномена не сделано, поскольку, по мнению автора, изучение природы явлений не является необходимым для естествознания [Morell F., 1978].

Наши соотечественники попытались заложить некие теоретические основы, а также разработать новые методические подходы к регистрации и исследованию электромагнитных процессов в организме человека с учётом возможных артефактов различного происхождения, которые при классических электрофизиологических методах рассматриваются как помехи [Готовский М.Ю., 2006; Готовский Ю.В., Перов Ю.Ф., 2003]. Однако возникли многочисленные трудности и проблемы с объяснением происходящего, выявлением общих закономерностей, да и просто с трактовкой терминов. Во многом это связано с использованием настолько малых доз (лекарства) и энергий (ЭМИ), что объективный дозиметрический контроль их просто невозможен. Если нельзя измерить, то как объективно контролировать?

В живой и неживой природе происходит постоянное перемещение вещества, энергии и информации. Последний термин, например, в кибернетике определяют через степень неоднородности вещества и/или энергии [Глушков В.М., 1964], информация просто не может существовать отдельно от энергии и вещества.

Ю.В. Готовский и Ю.Ф. Перов (2003), да и не только они, для теоретического обоснования возможности внешнего управления свойствами биологических объектов задействуют термины «информационный» и «резонансный» с совершенно иным подтекстом. Подразумевается, что для передачи «информации» не нужны, или почти не нужны, материальные или энергетические носители, а «резонанс» позволяет получить эффект достаточной силы за счёт непропорционально усиленной ответной реакции организма на внешнее воздействие.

Впрочем, при всей, надо отметить, уникальности и глубине размышлений вопрос с механизмом данного явления, соответственно, и с обоснованием методологии, так и остался открытым. Приходится констатировать, что данная «резонансная» методика (как диагностики, так и терапии):

- не имеет объяснения механизма действия;
- нет чёткого алгоритма работы, как аппаратуры, так и оператора, её обслуживающего;
- субъективна;
- невоспроизводима;
- не имеет всестороннего и объективного обоснования с позиций доказательной медицины.

Сомнительным выглядит сам термин «резонанс» в понимании авторов методики. ВРТ не предполагает наличия никакого *физического резонанса,* измеряется лишь физиологическая реакция – с наибольшей вероятностью результат перестройки состояния в нервной системе пациента под действием

того или иного слабого электромагнитного поля на организм, что, по мнению авторов, происходит в три фазы.

1. *Фаза восприятия.* Слабый электромагнитный сигнал воспринимается организмом пациента (механизм неизвестен).
2. *Фаза активации функциональной системы.* На биофизическом уровне регуляции активируется некая его функциональная система (какая – остаётся под вопросом).
3. *Фаза вегетативного ответа.* Системная перестройка регуляции организма, в результате чего развивается, в частности, вегетативный ответ. При этом происходит либо изменение соотношения активности между симпатическим и парасимпатическим отделами ВНС организма, либо изменение состояния ВНС, которое не сопровождается непосредственным изменением соотношения активности между симпатическим и парасимпатическим его отделами.

Но в этом случае мы можем говорить лишь об интегральном ответе, не детализируя «источники» возникновения заболевания, как, например, рекомендуется в пособии Е. Алексеенко с соавт. (2012). Тогда как сплошь и рядом в результате подобного тестирования исключительно точно формулируется наличие, например, глистной инвазии, вирусов и пр. На чём основываются подобные заключения, остаётся загадкой, никто не знает ответа на этот вопрос.

И.Л. Блинков и Л.В. Хазина (2010) также обращают внимание и на чисто технические недостатки метода диагностики по Р. Фоллю и вегетативно-резонансного теста:

- требование высокой квалификации оператора как (одновременно) рефлексотерапевта, врача-диагноста и клинического фармаколога;
- требование хорошего психического и физического состояния здоровья оператора, участвующего в системе диагностической аппаратуры (например, повторное тестирование одного и того же больного в течение незначительного интервала времени оператором до и после приёма 1 дозы алкоголя даёт резко отличающиеся результаты);
- трудности технической воспроизводимости работы с БАТ – обрабатывать сухую кожу, или очищенную спиртом, или смоченную водой, смазанную кремом (и каким?); под каким углом прислонять щуп; какое давление прилагать к щупу (1,5–6 кг) и т. д.;
- индивидуально разная толщина кожи и подкожной клетчатки, упругости, чувствительности к сдавлению;
- изменение механических и электрических свойств, используемых при тестировании БАТ, учитывая стандартную продолжительность диагностической процедуры – около 2–4 часов;
- хотя методика рассчитана на диагностику, но сама подача электрического тока с постоянной составляющей значительно меняет функциональное состояние меридиана и искажает итоговое заключение по тестированию;

– сам основополагающий принцип оценки функционального состояния органа по БАТ весьма условен с точки зрения доказательной медицины;
– методика работает в сиюминутном ключе (например, если у больного с артериальной гипертензией в момент исследования АД нормально или понижено, то прогностическое тестирование будет неадекватным).

Подводя итоги анализа методик ВРТ, электропунктурной диагностики по Фоллю, Накатани и т. п., И.Л. Блинков и Л.В. Хазина (2010) делают однозначный вывод, что все они *отчётливо зависят от индивидуального таланта оператора*. Другими словами, их можно воспринимать только как субъективные (оценочные, предварительные, общие), но никак не заменяющие основные объективные методы исследования (аппаратные, биохимические и пр.).

Исследования также показали низкую воспроизводимость и достоверность этих методов. В соответствующих методических рекомендациях написано: «Метод диагностики (по Р. Фоллю) следует применять для функциональной интегральной оценки организма с последующим подтверждением электропунктурных заключений прямыми методами обследования.» [Возможности компьютеризированной…, 1999] и «Вегетативно-резонансный тест рекомендуется применять для экспресс-оценки функционального состояния организма пациентов с целью выявления доклинических и донозологических состояний с обязательным подтверждением электропунктурных данных прямыми методами обследования.» [Электропунктурный…, 2000]. Но как же быть с тем, что «лечение» проводится непосредственно сразу после этой «диагностики» или в процессе её?

Во всём мире ввиду противоречия концепциям современной физиологии и отсутствия технического описания метода воздействия термин «биорезонанс» классифицируется как псевдонаучный. Клинические исследования, проведённые в соответствии с современными требованиями (двойной слепой контроль и пр.) также подтверждают отсутствие эффективности этого способа «физиотерапии» [Ernst E., 2004].

Методы «биорезонансной» диагностики хоть официально в России и признаны (есть утверждённые МЗ методики), но *только как экспресс-анализ*, это лишь предварительная и общая оценка состояния пациента, не заменяющая традиционные прямые методы исследования. Использовать результаты данного метода как руководство для назначения лечения, или в качестве способа верификации и объективизации результатов клинических исследований, не представляется возможным. При этом совершенно беспринципно в некоторых практических руководствах подчёркиваются *исключительные* его преимущества: «быстрота диагностики, доступность, безболезненность, безвредность, объективность и высокая достоверность» [Аванесова Е.Г. и др., 2007, 2011], но к таковым без натяжки можно отнести лишь безболезненность и безвредность, всё остальное – чистой воды обман.

Минздрав РФ при этом занимает, мягко говоря, странную позицию, заявляя, что такие лечебно-диагностические манипуляции «проводятся в рамках вида

традиционной медицинской деятельности «традиционная диагностика» (из ответа, полученного из МЗ РФ на запрос, за подписью проф. И.Е. Смирнова). В своё время кто-то очень умный и дальновидный, желая избавиться от словосочетания «традиционная *восточная* медицина», которая в понимании подавляющего числа специалистов в России является «*нетрадиционной*», убрал слово «восточная». С таким сокращённым названием (традиционная медицина) был образован институт (после многочисленных переименований благополучно закрылся), в котором активно разрабатывались и утверждались методики и аппараты, теперь уже вроде как «официальные», зарегистрированные. Всё это сделано исключительно в коммерческих интересах некоторой группы людей для привлечения как можно большего числа пациентов (лучше уж говорить «клиентов»), поскольку название, соответствующее истинной сути этих методов, малопривлекательно для большинства людей. *Традиционными* методами диагностики являются: первичный осмотр, пальпация, измерение температуры, биохимические анализы и пр., которым учат в специализированных учебных заведениях России и проводящиеся в *любом* медицинском учреждении.

Что же в итоге произошло из-за такой подмены терминологии? Благодаря официальной поддержке МЗ РФ множатся и плодятся «биорезонансные» аппараты и методы в самых разных модификациях и вариантах: «волновой», «полевой», «антипаразит», «ФРИ-терапия» и пр., суть которых сформулирована в «объяснении» последнего термина: «Используется особый излучатель, способный фиксировать частотные характеристики внешнего излучения и формировать точное подобие сигналов патогенного и/или лечебного фактора. Аппарат делает электромагнитную «фотографию» заболевшего органа и/или микроорганизма и посылает обратно импульс той же частоты. Вирус или микроорганизм воспринимает его как «свой» и вступает с ним в резонанс. Микроорганизмы, вызвавшие заболевание, неизбежно угнетаются и погибают». Это же надо *такое* придумать! И подобной бредятиной людей уговаривают напрасно потратить деньги на бесполезное приобретение.

Вот как описывается принцип работы другого аппарата: «Устройство помещается вблизи или контактирует с источником лечебной волновой информации, на диод через проводники подаётся питающее напряжение. Это приводит к изменению квантомеханических параметров кристаллической структуры диода и к излучению электромагнитной энергии. Излучённая волна от диода поступает на лекарство или участок тела пациента, модулируется его собственными колебаниями, переотражается и приходит на диод. При выключении питающего напряжения диода его кристаллическая структура возвращается в исходное квантомеханическое состояние, которое формируется под воздействием лечебной волновой информации, поступившей на кристалл с отражённой электромагнитной волной. Устройство готово к применению. Дальнейшая работа устройства основана на преобразовании энергии тепловых колебаний кристаллической решётки полупроводника и внешних полей в энер-

гию низкоинтенсивного волнового излучения, где в качестве составляющей присутствуют лечебные колебания, причём работа устройства происходит без подачи внешнего питания». И это запатентовано [Патент 2141304]! Чудовищная глупость и псевдонаучный бессмысленный набор слов. Всем известно, что структура кристалла под действием ЭМИ меняться не может, только если его ударить молотком и разбить. Особенно впечатляет отсутствие необходимости питания устройства в момент лечения. И речи о рефлексотерапии в этой методике уже не идёт, можно приложить к любому месту, даже проглотить (есть и такой вариант).

Подобные «научные», «запатентованные» и «разрешённые» методики и аппараты являются на самом деле лишь «информационными» технологиями изъятия денег у доверчивого населения.

Всех, конечно, превзошла Х. Кларк (2010), по мнению которой, «любая положительная частота убивает все бактерии, вирусы и паразитов одновременно при условии достаточной величины напряжения (5 или 10 В), продолжительности (7 мин) и частоты (от 10 до 500 000 Гц)». Особенно умиляет основное условие, чтобы устройство обязательно работало от батареек. И ведь на этот откровенный бред покупаются, а потом покупают абсолютно бесполезный хлам! Прочитав подобные «советы», хотел в шутку порекомендовать всем доверчивым людям прикладывать к больному месту мобильный телефон – проще и дешевле, – но опередили, уже есть и такие варианты «диагностики» и «лечения» с «научной» мотивацией.

## *Структурно-резонансная электромагнитная терапия*

Появление этого раздела в книге обязано возросшему количеству исследований, посвящённых применению метода с таким названием при лечении больных в различных областях медицины [Абдурахманова А.З., 2010; Безбах И.В., 2007; Губарева В.В., 2007; Рудыкина О.А., 2010; Крюченкова Н.В., 2007; Кутузова С.Ю., 2008; Фартух Д.А., 2011; Хазина Л.В., 2010]. Однако ни в одной из работ не объясняется, что это за метод, каковы механизмы его действия, в чём суть методики и пр. В материалах и методах везде без исключения упоминается некий «сканирующий режим № 43». Это заинтриговало: если есть режим с таким номером, следовательно, должны быть и варианты с номерами от 1 до 42? Но нигде о них не упоминается. Хотелось бы знать, чем обусловлено название метода и его нозологическое разнообразие, какой принцип работы и в чём отличие от других «резонансных» методик.

Вот как авторы объясняют основную суть такой терапии: «Коррекция патологических состояний при различных заболеваниях заключается в воздействии на организм переменными электромагнитными полями с частотами, близкими к собственным частотам органов и тканей». Используют переменные электромагнитные поля специфической формы, амплитуды и частот, выбранных на основе частот спонтанной биопотенциальной активности органов и тканей, по-

лученных в результате многолетних экспериментальных работ [Блинков И.Л., Готовский Ю.В., 1998]. Приводятся и конкретные значения некоторых характеристик. Но, во-первых, частоты «биопотенциальной активности органов и тканей» известны давно, какие из них новые и как авторы узнали про них «в ходе многолетних исследований», остаётся неясным. Во-вторых, эти частоты имеют переменные значения и *постоянно* меняются в достаточно широком диапазоне, но в приводимых таблицах *внешние* частоты (задаваемые аппаратом, так надо понимать?) имеют фиксированные значения. К тому же не сказано, исходя из каких принципов формируется состав частот в зависимости от заболевания, чем и как обеспечивается воздействие и пр.

Авторы много и активно критикуют (вполне справедливо) другие «резонансные терапии», дистанцируя себя от них, пытаясь доказать, что их модель значительно лучше (проще, безопаснее, объективнее, эффективнее и пр.). Казалось бы, различие только в приставе «структурно-», поэтому надо бы этот термин максимально подробно раскрыть, что под ним подразумевается, однако понять из работ хотя бы общий смысл идеи совершенно невозможно. Всё, по сути, сводится к двум фразам, не объясняющим ничего: «… лечебная технология с использованием физических методов должна базироваться … на общебиологических основах формирования структуры организма» и «…достоверное выявление частотных характеристик … на разном уровне структурной иерархии» [Блинков И.Л., Хазина Л.В., 2010].

Много места занимает цитирование хаотично выбранных работ, вероятнее всего, исключительно по признаку наличия там слов «частота» и «организм», при этом авторов совершенно не смущает, что многие упоминаемые ими результаты исследований или расчётов прямо противоречат сделанным в итоге выводам. Ну и конечно, «Единое Информационное Поле Космоса» – куда же без этого! Расшифровки сути данного явления, разумеется, нет [Блинков И.Л., Хазина Л.В., 2010].

Рассуждений про вторую часть термина (резонансная) у авторов много, однако они сами приводят достаточное количество аргументов, позволяющих с уверенностью говорить, что для биологической системы это явление невозможно [Блинков И.Л., Хазина Л.В., 2010]. Поэтому данное слово в тексте они иногда благоразумно ставят в кавычки, понимая его условность: «Эффект «резонанса», когда на выходе реализуется собственная частота $F_0$ колебаний нелинейной системы при воздействии близких к ней индуцированных, экзогенных частот F, приводит к морфологической и функциональной реставрации организма» [Блинков И.Л., Готовский Ю.В., 1998]. При этом авторы по непонятной причине ссылаются на известную работу А.С. Пресмана (1968), в которой подобная трактовка «резонанса» отсутствует.

Необходимость многочастного физиотерапевтического воздействия – также всем давно и хорошо известный факт, но чем обоснована данная конкретная «периодическая система» их иерархии, по выражению авторов, непонятно. В общем, тут, как и везде, много воды, механизмы неизвестны, методология

призрачна, методика не раскрывается. Исследования же, приводимые в качестве примера в начале раздела, достоверностью не отличаются и никак не могут служить доказательством эффективности метода.

Резюмируя, можно в целом предположить, что если поместить человека на 45 мин в мешок, в котором создаётся переменное магнитное поле, не превышающее естественного фона Земли, меняющееся в широком диапазоне частот (0,026 Гц – 360 кГц), да ещё и в многочастотном режиме, то вреда от этого не будет. Чисто теоретически, впрочем, возможен даже и положительный эффект за счёт достаточно длительного нахождения в спокойствии, тепле и уюте.

## *Золь-гель-переходы из воздуха в кошелёк*

Речь идёт о некой идее, в соответствии с которой формирование ритмов живой клетки происходит вследствие изменения соотношения золя (жидкой части внутриклеточной жидкости) и геля (структурированного состояния), а некие «частоты фазовых золь-гель-переходов» якобы являются синхронизатором внутриклеточных процессов и обеспечивают обмен «информацией» [Загускин С.Л., 2011]. Прошло уже много лет, как мы не только убедительно доказали полную несостоятельность этой «гипотезы», но и обнародовали факты осознанной подтасовки научных данных и манипулирования литературными ссылками с целью получения нужных выводов. Автора идеи (назовем его оппонентом) разоблачение обмана привело в такую ярость, что последние 20 лет с его стороны как из рога изобилия высыпаются в разных формах обвинения во всех смертных грехах без намёка на научную дискуссию. Мы долго не обращали внимания на суету пойманного с поличным жулика, но пришло время разобраться, есть ли в самой идее какой-то смысл.

В первую очередь необходимо обратиться к непризнанным мировым научным сообществом (хотя интереснейшим по самой сути) работам Л. Гейльбруна (1957), Д.Н. Насонова (1962) и Г. Линга (2008), в которых отрицается само существование клеточной мембраны, а ведущая роль в регулировании всех внутриклеточных процессов отдаётся способности структурирования протоплазмы. Именно такая модель клеточной физиологии исключительно из соображения сложности восприятия была принята оппонентом как основа доказательства своих постулатов, якобы обосновывающих первичный механизм БД лазерного света: под действием НИЛИ гель «расплавляется», переходит в жидкую фазу, вследствие чего *снижается* концентрация внутриклеточного кальция [Загускин С.Л., 1981].

В результате исходно ошибочных представлений делаются совершенно абсурдные выводы: $Ca^{2+}$-зависимые процессы происходят при *снижении* концентрации ионов кальция (со ссылкой на работу R.W. Meech, 1974), все варианты одночастотной модуляции при физиотерапевтическом воздействии вредят здоровью человека, лишь многочастотная модуляция полезна, только проводимое аппаратами оппонента лечение не оказывает отрицательного

влияния [Загускин С.Л., Загускина С.С., 2005]. Предлагается новый, никому не известный набор «биоритмов» [Загускин С.Л., 2000]. В итоге кто платит оппоненту «за патент», тот молодец, кто не платит, тот враг всему человечеству. Попробуем разобраться в истинности этих утверждений.

В работе R.W. Meech (1974) ни слова не говорится (но так утверждает оппонент) о «стимуляция энергетического и пластического обмена при снижении концентрации кальция в цитозоле», в ней лишь изучается влияние концентрации ионов кальция на изменение проводимости мембраны нейрона садовой улитки (*Helix aspersa*). Более того, вообще нет ни одного исследования, доказывающего существование «поглощения НИЛИ гелем и перехода части геля в золь». Тем более нет работ, показавших *снижение* концентрации кальция «при тепловой диссипации поглощённой энергии». Зато есть многочисленные и достоверные исследования, демонстрирующие *повышение* концентрации кальция при поглощении НИЛИ [Смольянинова Н.К. и др., 1990; Толстых П.И. и др., 2002; Alexandratou E. et al., 2002, и др.] (см. 1-ю часть книги). *Снижения концентрации ионов кальция в цитозоле клетки под действием внешних неспецифических воздействующих факторов нет и быть не может*, поскольку она (концентрация) в норме исходно всегда минимальна! Читайте учебники по биологии. Под влиянием различных факторов концентрация $Ca^{2+}$ увеличивается, инициируя $Ca^{2+}$-зависимые процессы [Авдонин П.В., Ткачук В.А., 1994; Berridge M.J. et al, 2000; Clapham D.E., 2007].

Вообще как могут *$Ca^{2+}$-зависимые* процессы реализовываться без участия кальция? Ведь в предельном случае, по логике оппонента, полное отсутствие $Ca^{2+}$ должно вызывать максимальный результат?! Просто бред – другого слова не подобрать. Хотя совершенно понятно, откуда такая настойчивость. Когда оппонент проводил своё единственное реальное исследование [Загускин С.Л., 1981], а потом вокруг него надстраивал все последующие публикации, не было так много, как сейчас, известно о роли ионов кальция в клетке. Выдвинув один раз предположение о снижении концентрации, хотя оно абсурдно даже с точки зрения простого здравого смысла, и попав пальцем в небо (не угадал), он в дальнейшем не признал свою ошибку, как это сделал бы любой *настоящий* учёный, а продолжает маниакально настаивать на своём.

Возникает закономерный вопрос: с какой целью происходит такое бесцеремонное манипулирование научными данными? Ответ очевиден: иначе всё рухнет, от «гениальной» и «запатентованной» идеи не останется и следа. Требуется скрыть свою некомпетентность, продавая при этом «патенты», не стоящие и ломаного гроша, ведь число обманутых растёт. Как метко высказался по этому поводу один наш общий знакомый, «делает из мухи слона и продаёт слоновьи кости». В этом кроется основная причина конфликта интересов. С одной стороны ничем не обоснованный, но многие годы декларируемый (лучше сказать рекламируемый) оппонентом «механизм» биологического действия ЭМИ за счёт *снижения* (якобы) концентрации $Ca^{2+}$ при увеличения доли золя (растворителя), на котором настаивает один человек,

с другой стороны многочисленные исследования десятков специалистов из разных стран, доказывающие *повышение* концентрации за счёт выхода ионов из внутриклеточных депо с дальнейшим распространением волн *повышенной* концентрации $Ca^{2+}$ с инициированием кальцийзависимых процессов. Наши попытки рассказать об истинных механизмах внутриклеточной физиологии вызывают резкую агрессию со стороны оппонента по вполне понятным причинам, компетентность людей лишает его возможности и дальше их обманывать, превращать воздух в деньги.

Оппонентом без всякого обоснования делаются утверждения, которые для неосведомлённых читателей выдаются за «известные истины», например, резкое ограничение им временны́х рамок биоритмов в противоречие всем известных фактов. Временно́й диапазон физиологических параметров биологических систем, регулируемый ионами кальция, значительно шире, чем представляет оппонент – от миллисекунд до суток [Berridge M.J. et al, 2000]. Но в рамках изучаемого вопроса, а именно тех процессов, которые происходят под влиянием НИЛИ, мы акцентируем внимание только на периоде 100 секунд, который и определяет, по нашему глубокому убеждению, всю гамму лазериндуцированных процессов.

Оппонент также, манипулируя фактами, предъявляет многочисленные претензии в части якобы имеющего место незаконного использования его патента. Действительно, известен аппарат в биоуправляемом режиме для лазерной терапии больных различными заболеваниями, в том числе язвенной болезнью двенадцатиперстной кишки [А.с. 1716512]. Однако, во-первых, в этом патенте описан не матричный излучатель, а один лазер, излучение которого подводилось через световод (биопсийный канал эндоскопа), во-вторых, модуляция осуществляется по другому принципу, не соответствующему нашему патенту [Пат. 2117506 RU]. То есть ничего общего между устройствами нет, что и подтверждено патентным ведомством, выдавшим оба документа. Позже, в период с 1992-го по 1994 год, применив разработанные нами матричные излучатели в лечебной практике, оппонент и его соавторы убедились в эффективности именно нашего варианта модуляции [Комаров Ф.И. и др., 1994] и начали рекламировать (другого слова не подобрать) разработанный нами аппарат как собственный.

Вообще в факте использования матричных излучателей новизны нет, однако мы впервые обосновали оптимальные пространственные и энергетические параметры, а также доказали эффективность их применения [Москвин С.В., 2008; Захаров П.И., Москвин С.В., 2003, 2007], многими фирмами производятся матричные излучатели и блоки БИО, разработанные в соответствии с нашим патентом [Пат. 2117506 RU]. Никакого нарушения прав интеллектуальной собственности мы не видим, зато есть признание Роспатентом нашего приоритета, да и по собственному заявлению оппонента, всеми «биоуправление используется неправильно», т. е. не по предложенному им принципу [Загускин С.Л., Загускина С.С., 2005]. Тогда почему возникают претензии?

Пространные, ничем не подтверждённые рассуждения на тему якобы «вредности» постоянных частот модуляции [Загускин С.Л., Загускина С.С., 2005] не обоснованы, игнорируется даже тот очевидный факт, что модуляция постоянными частотами успешно применяется в физиотерапии больше 150 лет и за эти годы никто не обнаруживал никаких негативных последствий использования одночастотного режима.

Оппонент критикует метод БИО абстрактно, игнорируя данные многочисленных исследований. Некоторые его рекомендации просто безграмотны, например, предложение ввести регулируемую задержку воздействия следует из незнания динамики распространения пульсовой волны. По данным наших исследований, максимальная задержка между сигналом с пальца руки (по фазе полностью совпадающего с фазой модуляции излучения) и сигналом с самой удалённой части – пальца ноги составляет максимум 60 мс [Москвин С.В., 2000]. Эти значения хорошо согласуются с результатами G.S. Malindzak (1971), определившего среднюю скорость распространения пульсовой волны в артериях 15 м/с, что на 1 м (приблизительное расстояние между пальцем руки и пальцем ноги в нашем эксперименте) создаёт аналогичную задержку между измеренным значением и фактическим максимумом в месте предполагаемого воздействия. Необходимо знать хотя бы элементарные основы физиологии.

Многочисленные публикации оппонента построены на основе подтасовки и фальсификации данных, представляют собой также попытку дискредитации чужих разработок и идей, а к выяснению научной истины не имеют никакого отношения. Таким образом, причина адресной агрессивно-негативной активности оппонента, очевидно, кроется лишь в том, что мы единственные, кто смог разобраться в ловких махинациях псевдоучёного, умеющего хорошо жонглировать малопонятными терминами и убеждать давать ему деньги на якобы полезные разработки.

В отношении этого частного случая можно сделать уверенный вывод, что сочетание слов «золь-гель», особенно в применении к хронобиологии и хрономедицине, должно прямо ассоциироваться со словом «мошенничество». Многочисленные «научные» публикации по теме не имеют под собой никакой истинно научной основы, являются лишь бесконечным повторением в разных вариантах одной идеи, нужны лишь для рекламирования и продажи липовых «патентов», т. е. откровенной и беззастенчивой наживы. Вот так «золь-гель-переходы» позволяют превратить воздух в твёрдую валюту в кармане некоторых жуликов от науки.

## *Выводы*

1. Гипотеза «трёх ритмов», якобы определяющих уровень физической, эмоциональной и интеллектуальной активности человека с периодичностью 23, 28 и 33 суток, несостоятельна.

2. Существует сложная и пока малоизученная структура механизмов практически одновременного влияния на биологические ритмы различными космо-гелио-геофизическими факторами (свет Солнца и Луны, гравитация, космические лучи и пр.).

3. Ряд явлений, совершенно необоснованно объединяемых термином «биорезонанс», не имеет отношения к резонансу как физическому явлению, кроме того, термин часто используется мошенниками и шарлатанами. Обнаруженные резко нелинейные, как по силе, так и по знаку, отклики различных биологических структур чаще всего являются результатом работы собственных физиологических систем, а их связь с энергетически-частотными особенностями внешнего ЭМИ не имеет непосредственного характера.

4. Первостепенной задачей исследователей на современном этапе является разносторонний систематизированный анализ огромного объёма научных данных в отношении участия ЭМИ широкого спектра как во внутри-, так и в межклеточных взаимодействиях. Уровень современных знаний о дистанционных межклеточных контактах не позволяет сделать вывод об их участии в механизмах биологического (терапевтического) действия внешнего освечивания лазерным или каким-то другим источником света.

5. Все без исключения аппараты, эксплуатирующие специфическую «резонансную» и «информационную» терминологию, а именно «ауторезонансные», «биорезонансные», «структурно-резонансные», «вегетативно-резонансные», «волновые», «полевые», «информационно-волновые», «антипаразитные», «ФРИ» и т. д., не имеют под собой никакой научной и экспериментальной основы, клиническая эффективность их не доказана. За жонглированием терминами скрываются мошенники, пытающиеся продать дорогие и бесполезные пустышки.

6. Словосочетание «золь-гель», особенно применительно к хронобиологии, хрономедицине, физио- и лазерной терапии, должно прямо ассоциироваться со словом «мошенничество».

*Окончание табл. 4.9*

| Заболевание | Методика | Ссылка на источник |
|---|---|---|
| Оториноларингология | | |
| Фаринголарингиты у детей | На проекцию | Рогачева Г.И. и др., 1998 |
| Офтальмология | | |
| Частичная атрофия зрительного нерва | Транскраниальная методика | Брежнев А.Ю., 2003 |
| Пульмонология | | |
| Бронхиальная астма | На проекцию | Васильева Л.В., 1996 |
| Бронхолёгочная патология у детей и подростков (бронхиты, пневмония, бронхиальная астма) | На проекцию | Козодаев В.О., 2004; Чернышова Л.А. и др.,1997 |
| Стоматология | | |
| Болезни пародонта | Лазерофорез | Митрофанов И.В., 2006 |
| Генерализованный пародонтит | Лазерофорез | Жукова Е.А. и др., 2012 |
| Травматология | | |
| Травмы опорно-двигательного аппарата | Местно, на ТА | Хетагурова Л.Г. и др., 2004 |
| Урология и андрология | | |
| Хронический простатит | На проекцию, чрескожное лазерное освечивание крови и ректально | Бычкова Н.В. и др., 2002; Ракчеев А.П. и др., 1995; Сопка О.Ю., 1997 |
| Экспериментально-клинические работы | | |
| Обезболивающие эффекты, положительные локальные сдвиги в кровоснабжении и обменных процессах в месте воздействия | Местно | Матрусов С.Г. и др., 1997 |

## *Выводы*

1. Определение оптимальных частот модуляции и принципов их сочетания является наиболее интересным и перспективным направлением развития методологии лазерной терапии.

2. Модулированный лазерный свет позволяет обеспечить высокоселективное воздействие на конкретные клеточные структуры или макромолекулы при максимальном биологическом ответе.

3. Многочастотное воздействие со всей иерархией периодов биоритмов пациента позволяет максимально эффективно реализовать возможности режима модуляции.

4. Пациентам старших возрастных групп (от 65 лет) ЭП должна быть снижена в среднем в 2–3 раза, в основном за счёт уменьшения мощности, частоты для импульсных лазеров или времени экспозиции для методики ВЛОК.

5. У детей младше 15 лет в значительно большей степени выражена возрастная зависимость энергетических параметров НИЛИ. Руководствуются общим принципом – чем меньше возраст ребёнка, тем меньше ЭП, которая, как правило, снижается в 2–3 раза за счёт уменьшения мощности на каждый

возрастной период: 15–7 лет, 7 лет – 3 года, 3 года – 1 год. Для импульсных лазеров предпочтительнее уменьшать частоту.

6. Окологодовой ритм существует на всех уровнях организации живой материи, даже в мире одноклеточных микроорганизмов.

7. Оптимальная экспозиция для различных способов воздействия НИЛИ (20–40 с – акупунктура, 2–5 мин – местно и на проекцию, 2–20 мин – ВЛОК) обусловлена синхронизацией с биологическими ритмами физиологического регулирования. Общее время лазерной процедуры не должно при этом превышать 20 мин.

8. При комбинированном применении НИЛИ с двумя разными длинами волн временно́й промежуток между воздействиями и сами экспозиции должны быть равны 100 с. Как пример – методика ЛЛОД.

9. Лазерная терапия в биомодулированном режиме – высокоэффективный метод лечения и профилактики многих заболеваний.

10. Необходимо проводить 2 раза в год профилактические курсы у больных хроническими заболеваниями и перед сезонными эпидемиями гриппа.

11. В большинстве случаев процедуры ЛТ рекомендуется проводить ежедневно в первой половине дня.

12. Максимальный результат ЛТ достигается не ранее чем через 3–5 ежедневных сеансов. Курс из 10–12 процедур позволяет получить стабильный эффект и длительную ремиссию.

13. Частоты модуляции от 1 до 100 Гц могут быть физиологически значимы, оказаться близкими к частотам тех или иных изменений функциональной активности структур или процессов в организме. При частотах свыше 1000 Гц имеет место квазинепрерывное воздействие, однако ряд работ показывает, что высокие частоты также могут быть при определённых условиях физиологически активными.

14. Биосинхронизация временны́х параметров воздействия лазерного излучения с индивидуальными эндогенными биоритмами пациента – одно из самых перспективных направлений развития лазерной терапии и способов повышения её эффективности.

15. Доказано, что наилучшие результаты лечения многих заболеваний достигаются именно в режиме БИО, при этом чаще всего используют импульсные ИК-лазеры с частотой 1500–10 000 Гц, а экспозиция 5 мин.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Первая попытка анализа возможных путей повышения эффективности лазерной терапии была предпринята нами в 1998–2003 годах, а дальнейшее развитие событий убедило в необходимости значительно более углублённого рассмотрения конкретных аспектов развития метода, путей повышения его эффективности. За прошедшие с первого издания книги годы произошёл значительный прорыв в этой области науки и клинической практики: стал понятен в деталях первичный механизм биологического (терапевтического) действия НИЛИ; появились новые источники лазерного света и аппараты; разработано много новых методик, использующих современные научные знания и возможности высокоэффективной аппаратуры. В четырёх частях книги мы рассмотрели разные аспекты современного состояния дел в лазерной терапии, как в области научных исследований, так и с точки зрения сугубо практического применения. В конце всех глав сделаны выводы, которые являются конкретными практическими рекомендациями, своего рода советы, как повысить эффективность метода.

Одна из проблем современной медицины – лавинообразное увеличение потребления лекарственных средств специфического действия, в том числе антибиотиков. Только за последние десять лет объём мирового рынка фармацевтических товаров увеличился почти вдвое и продолжает расти. Систематическое и интенсивное использование лекарств становится привычкой, химические препараты продолжают принимать даже тогда, когда в них уже нет явной необходимости. Ни для кого не секрет, что при длительном приёме многих лекарственных препаратов возникают аллергические реакции, возрастает толерантность и развивается рефрактерность к медикаментам. Нельзя отрицать значимость специфической терапии, но оказываемое ею отрицательное действие, приводящее к снижению собственных защитных сил организма, не всегда компенсируется лечебным эффектом. Во всём цивилизованном мире уже давно принимаются строжайшие ограничительные меры по распространению и применению лекарственных средств, даже таких, как витамины. Все это обусловливает возрастающий интерес врачей к неспецифическим методам лечения, которые обеспечивают необходимый результат опосредованно, через повышение резистентности организма.

До сих пор актуальными остаются слова известного учёного Ганса Селье, который так описывал причину, побудившую его к поиску новых способов лечения: «Я не мог понять, почему врачи с незапамятных времен концентрировали все свои усилия на распознавании отдельных нозологических форм и поисках специфических лекарств, подходящих для лечения лишь этих отдельных болезней, не уделяя никакого внимания «синдрому становления болезни». Ведь если важно найти средства, помогающие при том или ином заболевании, то гораздо более необходимо изучить механизм возникновения

болезни и найти средства лечения того «общего синдрома болезни», который, по-видимому, более существен, чем всё специфическое в ней!».

К одним из наиболее эффективных методов неспецифического воздействия можно отнести и динамично развивающуюся низкоинтенсивную лазерную терапию. Интерес к методу обусловлен чрезвычайно высокой терапевтической эффективностью, в которой убедились врачи многих клиник не только в России, но и в других странах мира, что служит веским аргументом в пользу перспективности его развития. К этому стоит добавить широкий спектр показаний к лазеротерапии и возможность её сочетанного или комбинированного применения с традиционными способами лечения. Низкоинтенсивное лазерное излучение способно стимулировать репаративные процессы, эффективно влиять на острые и хронические заболевания различных органов, улучшать микроциркуляцию в тканях, оказывать выраженное обезболивающее действие. К достоинствам лазерной терапии следует, безусловно, отнести неинвазивность большинства лазерных процедур, их безболезненность и комфортность для пациентов, а также отсутствие противопоказаний, привыкания и побочных эффектов. Метод входит в большинство стандартов оказания медицинской помощи, чрезвычайно прост, его может применять любой специалист после прохождения специализированных курсов и даже пациенты на дому при известных ограничениях.

Внедрение лазерной терапии в практическое здравоохранение приносит большой социально-экономический эффект. В Российской Федерации уже сегодня эффективно используется более 100 тыс. лазерных терапевтических установок практически во всех медицинских учреждениях. Отрадно отметить увеличение экспортных поставок лазерной аппаратуры из России. Количество издаваемой литературы, защищаемых диссертаций, проводимых конференций, выставок и т. д. убедительно демонстрирует высочайший уровень российских врачей, владеющих методом, работа за рубежом российских специалистов уже не является редким явлением. Интерес к российским методикам ЛТ за рубежом также огромен, но пока делаются только первые шаги по изданию литературы отечественных авторов на иностранных языках.

Надеемся, что дальнейшему развитию ЛТ будут способствовать краткие выводы, сделанные в конце глав, прямо следующие из представленного в них обоснования, которые должны стать руководством к действию для практического врача, желающего повысить эффективность проводимого лечения, или источником сомнения для учёных, некой отправной точкой для серии новых исследований. Хотелось бы повторить наиболее важные выводы.

1. Для *лазерной* терапии можно и нужно применять только *лазерное* излучение, т. е. монохроматический, когерентный и поляризованный свет. Различные варианты с приставками «фото-», «кванто-», «свето-», «квази-», а также «широкополосный», «поляризованный» свет и другие – чаще всего паразитирование на успехах *лазерного* метода лечения с использованием дешёвых, примитивных и малоэффективных технологий.

2. Прямым доказательством бесполезности светодиодов является их широкое применение в клинических исследованиях в качестве источника «плацебо-света» для создания иллюзии освечивания и соответствующего психотерапевтического эффекта.
3. Все методы лазерной терапии допускают воздействие на одну зону лазерным источником только с одной длиной волны. Нельзя одновременно освечивать одну область НИЛИ с разной длиной волны, проводить воздействие при внешней фоновой засветке, например, светодиодами. В одной лазерной излучающей головке, даже матричной, должны быть только лазеры, и исключительно одного типа!
4. Наиболее эффективны импульсные лазеры различного спектрального диапазона, с длиной волны 904 нм (ИК) и 635 нм (красные).
5. Во многих методиках лазерной терапии наиболее эффективно применять матричные излучающие головки, у которых лазерные диоды распределены специальным образом и близко к поверхности.
6. Неинвазивные методики лазерного освечивания крови чаще всего эффективнее внутривенного способа. Исключение составляет внутривенное лазерное освечивание крови в ультрафиолетовом диапазоне (лазерное УФОК, или ЛУФОК®).
7. Лучшим вариантом внутривенной методики на современном этапе представляется комбинированная методика ВЛОК+ЛУФОК®, когда через день воздействуют либо красным лазерным светом (635 нм, излучающая головка КЛ-ВЛОК-635-2), либо ультрафиолетовым лазером (365 нм, излучающая головка КЛ-ВЛОК-365-2).
8. Перспективным представляется переход в методике ВЛОК с длины волны 635 нм (красный спектр) в «классическом» её варианте на длину волны 525 нм. Опять же хочется обратить особое внимание на необходимость использования именно *лазерного* источника света, например, излучающей головки КЛ-ВЛОК-525-2.
9. Подсчёт «дозы» аппаратом или на калькуляторе, наличие «фоторегистраторов» на лазерной излучающей головке для измерения коэффициента отражения – исключительно маркетинговые «фишки», не более того, никакой пользы от этих функций нет, зато много проблем. Подобные технические излишества снижают эффективность и не гарантируют воспроизводимость процедур лазерной терапии.
10. Для эффективной лазерной терапии необходимо задавать все параметры методики отдельно: длина волны и режим работы лазера, мощность, площадь (методика), время экспозиции и локализация. Производить арифметические манипуляции с этими параметрами в попытке рассчитать некий интегральный показатель категорически недопустимо!
11. Многочастотная модуляция интенсивности лазерного света – наиболее перспективный способ повышения эффективности лазерной терапии,

особенно в варианте синхронизации с биоритмами человека на всех уровнях организации физиологического регулирования.

12. Эффективно сочетать и комбинировать воздействие НИЛИ с другими физиотерапевтическими процедурами, а также с другими лечебными методами, однако необходимо строго следовать известным правилам.
13. Важно развивать такое направление, как лазерная профилактика различных заболеваний.
14. Говорить и писать необходимо только так: лазерный свет, светить, освечивать, воздействовать. Не надо бояться физиотерапевтических лазеров, поскольку они абсолютно безопасны, но и не допускать вольностей, строго следовать инструкциям и методикам.

Ссылки на работы некоторых авторов или комментарии к ним повторяются в нескольких частях книги, порой дословно, что связано с особой важностью темы и/или разноплановостью рассматриваемого вопроса. Крайне живучи заблуждения, ряд аспектов невозможно рассматривать только в одной плоскости, некоторые темы исключительно сложны – всё это настоятельно требовало возврата к ним с одной-единственной целью – максимально объективное обоснование сделанных выводов.

Основные вопросы книги – перспективы развития лазерной терапии и основные пути повышения её эффективности. Представленные в конце тематических глав выводы позволяют с твёрдой уверенностью говорить о том, что метод находится только на начальном этапе своего становления. Несмотря на впечатляющую эффективность и весьма достойное место, занимаемое лазерной терапией в современном здравоохранении России, не вызывает сомнения, что возможности её используются пока крайне мало. Пути развития лазерной терапии намечены, но особо хочется ещё раз обратить внимание на перспективность модуляции интенсивности лазерного света биологически значимыми частотами. В этом направлении ожидается наибольший прорыв, как в исследовательском, так и в практическом плане.

Правильны ли сделанные выводы, будут ли они реализованы на практике и таковы ли предлагаемые направления исследования – покажет время. Автору лишь остаётся пожелать успехов всем, кто применяет лазерную терапию в своей повседневной практике, получать лучшие результаты, используя в полной мере научно-практические наработки, представленные в книге в обобщённом, концентрированном виде.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## НИЛИ С РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНОЙ ВОЛНЫ В ИССЛЕДОВАНИЯХ *IN VITRO*

| № п/п | Тип клеток | Модель | Длина волны, нм | ПМ, мВт/см$^2$ | Время, с | ЭП, Дж/см$^2$ | Ссылка |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus vulgaris*, *Klebsiella aerogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Mycobacterium fortuitum*, *Salmonella typhi*, *Candida albicans* | Деление | 337 | 6 | – | 5,4–228 | Sachdeva R. et al., 1995, 1995[(1)] |
| 2 | Клетки Нер-2 и фибробласты человека | Адгезия, пролиферация | 337 | – | – | 0,16 | Dima V.F. et al., 1996 |
| 3 | Линия прехондрогенных клеток ATDC5 | Снижение Ар-2$\alpha$ мРНК, негативного фактора транскрипции хондрогенеза, увеличивается экспрессия мРНК, связанных с хондрогенезом, увеличение АФК | 405 | 100 | 180 | 18 | Kushibiki T. et al., 2010 |
| 4 | Мезенхимальные стволовые клетки (MSCs) | Внеклеточная кальцификация | 405 | 2,5 | – | 9, 18, 27, 36 | Kushibiki T., Awazu K., 2009 |
| 5 | *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* | Пролиферация | 467 | 60 | 100 | – | Подшибякин Д.В., 2010 |
| 6 | Фибробласты и меланоциты | Образование коллагена, стимуляция меланогенеза через увеличение цитокинов | 532 | Импульсный режим, длительность импульса $4\times10^{-9}$ с, диаметр луча 2, 3, 4, 5, 6 мм | – | 0,4–4,6 | Poon V.K.M. et al., 2005 |
| 7 | Эритроциты | Связывание гемоглобина с кислородом, истинная оксигенация | 532 | 110 (1 мВт, диаметр волокна 2 мм) | – | – | Johnson F.M. et al., 1965; Rounds D.E. et al., 1965 |
| 8 | Эритроциты человека | Рост активности Na+,K(+)-АТ-фазы в мембранах, усиление ферментативной активности | 532 | 50 мВт | 1800 (30 мин) | 9,5–63,3 | Kassák P. et al., 2006 |
| 9 | Фибробласты | Пролиферация | 540 (СИД) | 12–15 | 300 | 4 | Lubart R. et al., 1993 |
| 10 | Фибробласты куриные | Пролиферация | 570 (СИД) | 0,56 (10 мВт на 18 см$^2$) | 180 | 0,1 | Vinck E.M. et al., 2005 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 218 | Куриные фибробласты | Пролиферация | 830 | 204 (40 мВт на 0,196 см$^2$) | 5 | 1 | Vinck E.M. et al., 2003 |
| | | | 570 (СИД) | 0,56 (10 мВт на 18 см$^2$) | 180 | 0,1 | |
| | | | 660 (СИД) | 8,89 (160 мВт на 18 см$^2$) | 60 | 0,53 | |
| | | | 950 (СИД) | 4,44 (80 мВт на 18 см$^2$) | 120 | 0,53 | |
| 219 | Гибридная трансгенная нейрональная клеточная линия с митохондриальной ДНК человека и нарушениями электронной транспортной цепи митохондрий, характерных для болезни Паркинсона | Восстановление функции митохондрий и клеточного дыхания, увеличение аксонального митохондриального транспорта | 810 | 50 | 40 | 2 | Trimmer P.A., 2010 |
| | | | 980 | 15 | | 0,6 | |
| 220 | Миобласты (C2C12) | Пролиферация | 660 | – | – | 3,8; 6,3; 10 | Fernandes K.P.S. et al., 2010 |
| | | | 780 | – | – | 3,8; 10; 17,5 | |
| 221 | Фибробласты, макрофаги | Поглощение ионов кальция, секреция факторов роста | 633, 820 (лазер), 660, 870, 820 (СИД) | – | – | – | Young S.R. et al., 1989, 1990 |
| 222 | Спермии морских ежей, голотурий и двустворчатых моллюсков | Жизнеспособность, СИД не влияет | 633 (лазер) 850 (СИД) | 10 мВт | 6 мин | – | Чудновский В.М., 2002 |
| 223 | Лейкоциты человека | Индукция интерферонов | 633, 780, 890 (лазер) 660, 850 (СИД) | 1–7 мВт | 1–10 | – | Чудновский В.М., 2002 |
| 224 | Тромбоциты | Агрегация и адгезия, разнонаправленное действие в зависимости от ЭП | 460, 650, 980 | 10–36 мВт | 2–8 мин | 15 | Будник И.А., 2007 |
| 225 | Шванновские клетки крыс | Пролиферация, лучше всего 837 нм, эффект на длине волны 787 нм отсутствовал | 675, 787, 837 | 0,7–2,1 | 0,5–15 | – | van Breugel H.H.V.I. et al., 1994 |
| 226 | Лимфоциты человека | Активация | 633, 670, 690, 830, 1219 | 5–10 мВт | – | 1–4 | Nagyluoskay S. et al., 1996 |
| 227 | Мезенхимальные стволовые клетки (MSCs) | Трансмембранная миграция | 630, 850 | 15 | 270 | 4 | Li W.T. et al., 2013 |

*Примечание.* (?) – данные недостоверны или не указаны точно, (?!) – удивление и возмущение заданными параметрами методики воздействия.

## *Литература (обзоры)*

1. *AlGhamdi K.M., Kumar A., Moussa N.A.* Low-level laser therapy: a useful technique for enhancing the proliferation of various cultured cells // Lasers in Medical Science. – 2012. – Vol. 27 (1). – P. 237–249.
2. *King P.R.* Low level laser therapy: a review // Lasers in Medical Science. – 1989. – Vol. 4 (2). – P. 141–150.
3. *Lin F., Josephs S.F., Alexandrescu D.T. et al.* Lasers, stem cells, and COPD // Journal of Translational Medicine. – 2010. – Vol. 8 (16). – http://www.translational-medicine.com/content/8/1/16.
4. *Mester E., Mester A.F., Mester A.* The biomedical effects of laser application // Lasers in Surgery and Medicine. – 1985. – Vol. 5 (1). – P. 31–39.
5. *Peplow P.V., Chung T.-Y., Baxter G.D.* Laser photobiomodulation of proliferation of cells in culture: a review of human and animal studies // Photomedicine and Laser Surgery. – 2010. – Vol. 28 (S1). – P. S3–S40.
6. *Reddy G.K.* Photobiological basis and clinical role of low-intensity lasers in biology and medicine // Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery. – 2004. – Vol. 22 (2). P. 141–150.
7. *Schindl A., Schindl M., Pernerstorfer-Schon H., Schindl L.* Low-intensity laser therapy: a review // J Invest Med. – 2000. – Vol. 48 (5). – P. 312–326.

*(Остальные ссылки даны в списке литературы в конце книги)*

# ПРИЛОЖЕНИЕ 2

## НИЛИ С РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНОЙ ВОЛНЫ *IN VIVO* (РАНЫ, УШИБЫ, ПОВРЕЖДЕНИЯ, ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ПР.)

| № п/п | Модель, объект | Комментарии | Длина волны, нм (тип лазера) | ПМ, мВт/см$^2$ | Время, с | ЭП, Дж/см$^2$ | Ссылка |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Гнойные раны, кролики | 337 нм, 5 мВт/см$^2$, 3 мин – более выраженный эффект на первых стадиях раневого процесса, влияние на иммунную систему 633 нм, 5 мВт/см$^2$, 5 мин – эффект проявляется на 3-й стадии заживления, если оба лазера по 10 мВт/см$^2$ при экспозиции 5 мин, то результат идентичен и выраженный эффект максимально проявляется на первых этапах раневого процесса | 337 (азотный), 633 (ГНЛ) | 5–10 | 300 | 1,5–3 | Веряев М.И. и др., 1985; Гаусман Б.Я. и др., 1985 |
| 2 | Кожа мошонки индийских кроликов-альбиносов | Пролиферация клеток эпидермиса, 1 Дж/см$^2$ – стимулирует, 5 Дж/см$^2$ – подавляет | 337 (азотный) | – | – | 1 и 5 | Sharma A. et al., 1994 |
| 3 | Кролики | Заживление линейных ран | 337 (азотный) | 0,2–0,4 | 3–30 мин | – | Шахтмейстер И.Я. и др., 1982 |
| 4 | Гнойные раны, крысы | Эффекта не наблюдали | 488 + 515 (аргоновый лазер) | – | – | 1 и 4 | Jongsma F.H.M. et al., 1983 |
| 5 | Круглые раны, морские свинки | Эффекта не наблюдали | 488 + 515 (аргоновый лазер) | – | – | – | McCaughan Jr. J.S. et al., 1985 |
| 6 | Раны различной формы (круглые, квадратные и эллиптические), крысы линии Sprague–Dawley | Оптимальная ЭП 20 Дж/см$^2$ независимо от ПМ, при 150 мВт/см$^2$ – ингибирование (ЭП > 80 Дж/см$^2$) | 488 + 515 (аргоновый лазер) | 31,85 и 80 (площадь пятна 0,39 см$^2$) | 600 и 240 | 19 | Al-Watban F.A.H., Zhang X.Y., 1995[1] |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 91 | Раны, диабетические крысы линии Вистар | Увеличение содержания нейтрофилов в ране, усиление митотической активности фибробластов, синтеза коллагена и васкуляризации | 940 (ЛД) | 100 мВт (площадь 0,09 см$^2$) | 9 | 10 | Firat E.T. et al., 2013 |
| 92 | Криогенные раны в области позвоночника, крысы линии Льюис | Раны заживали быстрее, если линейную поляризацию НИЛИ формировали параллельно позвоночнику, чем перпендикулярно, более высокую эффективность этой длины волны по сравнению с 633 нм объясняют меньшими потерями степени поляризации на глубине | 1047 (Nd:YLF-лазер) | – | – | 1 | Ribeiro M.S. et al., 2002 |
| 93 | Экспериментальное системное воспаление, крысы | Уровень ингибиторов протеаз в сыворотке крови | 1565 (Er-волоконный лазер) и 2013 (тулиевый лазер, Tm:YAG) | 5 и 20 | 5 мин | 1,5 и 6 | Горбунова Н.Б., и др., 2013 |
| 94 | Внешний мыщелок задней конечности, свиньи | Доказывает, что стимуляция заживления раны не следствие действия пилотного луча (ГНЛ, 633 нм, 1 мВт), а свет с такой длиной волны действует на глубоко расположенные ткани | 10 600 ($CO_2$-лазер) | 500 мВт | – | – | Galletty G., 1991, 1994 |
| 95 | Раны, новозеландские кролики | – | 10 600 ($CO_2$-лазер) | 236 | 10 мин | 140 | Tang X.M., Chai B.P., 1986 |
| 96 | Вторичная миогенная кривошея (клиническое исследование) | – | 10 600 ($CO_2$-лазер) | 1800 (сканирование) | 10–15 мин | – | He Jin-zhi, 1991 |
| 97 | Крысы Sprague–Dawley | Приживление кожного лоскута | 10 600 ($CO_2$-лазер) | 300 | 3 мин | – | Zhang D. et al., 1992[(1)] |
| 98 | Раны, крысы | Увеличение содержания биогенных аминов | 10 600 ($CO_2$-лазер) | 4 | 30 | 0,12 | Пронченкова Г.Ф. и др., 1982 |

*Примечание.* (?) – данные недостоверны или не указаны точно, (?!) – удивление и возмущение заданными параметрами методики воздействия.

## *Литература (обзоры)*


1. *Chung H., Dai T., Sharma S.K. et al.* The nuts and bolts of low-level laser (light) therapy // Ann. Biomed. Eng. – 2012. – Vol. 40 (2). – P. 516–533.
2. *Conlan M.J., Rapley J.W., Cobb C.M.* Biostimulation of wound healing by low-energy laser irradiation // A review. J. Clin. Periodont. – 1996, 23(5): 492–496.
3. *Enwemeka C.S.* Laser biostimulation of healing wounds: specific effects and mechanisms of action // J. Orthop. Sports Phys. Ther. – 1988. – Vol. 9 (10). – P. 333–338.
4. *Enwemeka C.S.* Intricacies of dose in laser phototherapy for tissue repair and pain relief // Photomed Laser Surg. – 2009. – Vol. 27 (3). – P. 387–393.
5. *Forney R., Mauro T.* Using lasers in diabetic wound healing // Diabetes Technol. Ther. – 1999. – Vol. 1 (2). – P. 189–192.
6. *Hashmi J.T., Huang Y.Y., Sharma S.K. et al.* Effect of pulsing in low-level light therapy // Lasers Surg. Med. – 2010. – Vol. 42 (6). – P. 450–466.
7. *Hashmi J.T., Huang Y.Y., Osmani B.Z. et al.* Role of low-level laser therapy in neurorehabilitation // PM R. – 2010(1). – Vol. 2 (12, Suppl. 2). – S. 292–305.
8. *Hawkins D., Abrahamse H.* Review article – laboratory methods for evaluating the effect of low level laser therapy (LLLT) in wound healing // African Journal of Biomedical Research. – 2005. – Vol. 8 (1). – P. 1–14.
9. *Hawkins D., Abrahamse H.* Phototherapy – a treatment modality for wound healing and pain relief // African Journal of Biomedical Research. – 2007. – Vol. 10 (2). – P. 99–109.
10. *Lucas C., Criens-Poublon L.J., Cockrell C.T., de Haan R.J.* Wound healing in cell studies and animal model experiments by Low Level Laser Therapy; were clinical studies justified? A systematic review // Lasers Med. Sci. – 2002. – Vol. 17 (2). – P. 110–134.
11. *Matić M., Lazetić B., Poljacki M. et al.* Low level laser irradiation and its effect on repair processes in the skin // Med. Pregl. – 2003. – Vol. 56 (3–4). – P. 137–141.
12. *Neiburger E.J.* The effect of low-power lasers on intraoral wound healing // N Y State Dent J. – 1995. – Vol. 61 (3). – P. 40–43.
13. *Nelson J.S., Majaron B., Kelly K.M.* What is nonablative photorejuvenation of human skin? // Semin. Cutan. Med. Surg. – 2002. – Vol. 21 (4). – P. 238–250.
14. *Peplow P.V., Baxter G.D.* Gene expression and release of growth factors during delayed wound healing: a review of studies in diabetic animals and possible combined laser phototherapy and growth factor treatment to enhance healing // Photomed. Laser Surg. – 2012. – Vol. 30 (11). – P. 617–636.
15. *Peplow P.V., Chatterjee M.P.* A review of the influence of growth factors and cytokines in *in vitro* human keratinocyte migration // Cytokine. – 2013. – Vol. 62 (1). – P. 1–21.
16. *Peplow P.V., Chung T.Y., Baxter G.D.* Photodynamic modulation of wound healing: a review of human and animal studies // Photomed. Laser Surg. – 2012. – Vol. 30 (3). – P. 118–148.
17. *Rahmathulla G., Recinos P.F., Valerio J.E. et al.* Laser interstitial thermal therapy for focal cerebral radiation necrosis: a case report and literature review // Stereotact. Funct. Neurosurg. – 2012. – Vol. 90 (3). – P. 192–200.
18. *Samson D., Lefevre F., Aronson N.* Wound-healing technologies: low-level laser and vacuum-assisted closure // Evid Rep. Technol. Assess (Summ). – 2004. – Vol. (111). – P. 1–6.
19. *Sobanko J.F., Alster T.S.* Efficacy of low-level laser therapy for chronic cutaneous ulceration in humans: a review and discussion // Dermatol. Surg. – 2008. – Vol. 34 (8). – P. 991–1000.
20. *Woodruff L.D., Bounkeo J.M., Brannon W.M. et al.* The efficacy of laser therapy in wound repair: a meta-analysis of the literature // Photomedicine and Laser Surgery. – 2004. – Vol. 22 (3). – P. 241–247.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 3

## ИМПУЛЬСНЫЕ ЛАЗЕРЫ КРАСНОГО СПЕКТРА (635 НМ) В ФИЗИОТЕРАПИИ: ИССЛЕДОВАНИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Идея применения импульсных лазеров красного спектра появилась достаточно давно [Москвин С.В., 1997], и обоснованность такого выбора была обусловлена следующим.

1. У лазерного света с длиной волны 635 нм (красный спектр) поглощение существенно выше, а глубина проникновения, соответственно, меньше, чем у ИК НИЛИ с длиной волны 890–904 нм. Следовательно, основное поглощение энергии лазерного света будет проходить в более близких к поверхности областях.
2. Импульсное НИЛИ с длительностью светового импульса около 100 нс ($10^{-7}$ с) и мощностью более 5 Вт намного эффективнее света непрерывных лазеров с идентичной длиной волны. При этом эффективная средняя мощность импульсных лазеров значительно ниже, чем у непрерывных, и пропорциональна частоте повторения импульсов.
3. Импульсные ИК-лазеры лучше всего применять для воздействия на области (патологические очаги), находящиеся на глубине до 10–15 см, тогда как многие потенциальные объекты методик лазерной терапии находятся значительно ближе к поверхности: кожа, крупные кровеносные сосуды, иммунокомпетентные органы, нервные сплетения, большая часть ЛОР-органов и т. д.

Исходя из этих фактов и было предложено использовать для некоторых методик не ИК, а красные импульсные лазеры, которые не производились ранее ни одной из профильных компаний, поскольку не имеют других областей применения, кроме медицины.

В 90-е годы прошлого века нами были разработаны и изготовлены импульсные диодные лазеры с длиной волны 650–670 нм на базе отечественного завода (Саратовский филиал НИИ «Полюс»), а позднее созданы современные ЛД с более оптимальной длиной волны – 635 нм [Москвин С.В., 1997, 1999, 2003(3)], к сожалению, уже не в России. При создании этих уникальных лазеров нами было решено множество сложных технических задач, которыми никто ранее не занимался. В частности, удалось эффективно подавить кольцевые моды в резонаторе лазерных диодов и получить необходимую мощность излучения в этой спектральной области при работе в импульсном режиме [Адливанкин А.С. и др., 2002; Москвин С.В., 2003(2); Пат. 2206350 RU]. Наиболее известные лазерные излучающие головки ЛО-635-5 на основе этих лазеров разработаны для аппаратов серии «Матрикс» и «Лазмик». В настоящее время

самой оптимальной в применении признана матричная импульсная лазерная излучающая головка красного спектра МЛ-635-40 (635 нм, импульсная мощность 40 Вт от 8 ЛД, эффективная площадь при контактной методике 8 см$^2$ и дистантной методике – до 50 см$^2$) для аппаратов серии ЛАЗМИК®.

Появление новых лазеров, обладающих всеми параметрами (мощность, режим работы и длительность импульса) их аналогов в ИК-области, но с другой длиной волны, позволило провести исследования, доказывающие, что импульсное НИЛИ красного спектра имеет в ряде применений безусловные преимущества перед импульсным ИК лазерным светом. Наиболее же оптимальным для инициирования лазериндуцированных биологических процессов оказалось комбинированное последовательное воздействие именно импульсным НИЛИ с двумя длинами волн, в красной и ИК областях спектра.

При более эффективном локальном поглощении обеспечивается больший температурный градиент, объём высвободившихся в цитозоль $Ca^{2+}$ выростает, обеспечивая максимальный конечный результат. Напоминаем, что свет, проникая через кожу, в дальнейшем поглощается и рассеивается, поэтому эффективность воздействия существенно различается в зависимости от глубины расположения потенциального объекта освечивания и длины волны лазерного источника света (рис. П1).

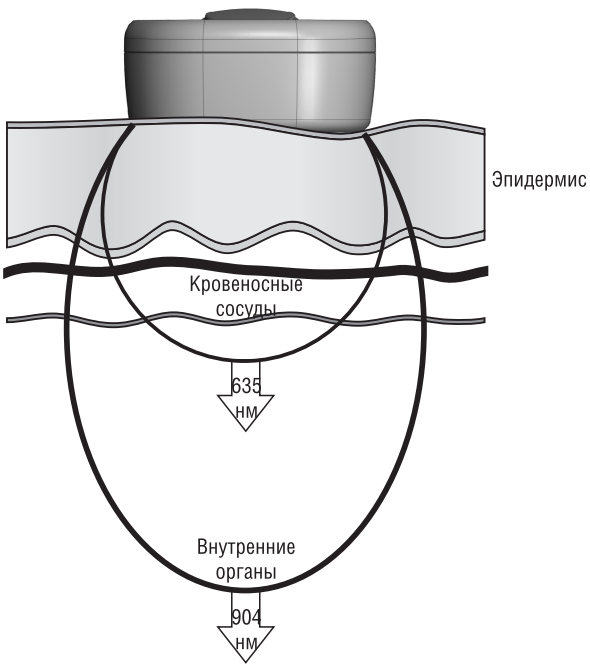



*Рис. П1.* Распространение импульсного НИЛИ от матричных излучающих головок к аппаратам «Матрикс» и «Лазмик» (МЛ-904-80, МЛ-904-200 и МЛ-635-40). Схематично показана эффективная глубина проникновения для разных длин волн

Имеющийся экспериментальный и клинический материал, представленный ниже, подтверждает высочайшую эффективность красного импульсного лазерного света (635 нм) по сравнению с непрерывным излучением в той же области спектра и импульсным ИК НИЛИ (904 нм). Доказаны преимущества матричных лазерных излучающих головок. Практически все теоретические представления в этой части оправдались, что лишний раз подтверждает справедливость нашей модели первичного механизма БД НИЛИ, как термодинамический запуск $Ca^{2+}$-зависимых процессов [Москвин С.В., 2008]. Ниже представлены результаты некоторых исследований, имеющих практическое значение для клинической практики, значительная часть которых уже была опубликована ранее в монографии [Москвин С.В. и др., 2007].

T.I. Karu с соавт. (1991) одними из первых показали, что импульсный режим в виде коротких, но мощных импульсов эффективнее непрерывного, если использовать лазерные источники с близкой длиной волны. В экспериментальной модели стимуляции роста *Escherichia coli* сравнивали ГНЛ (633 нм, непрерывный режим, мощность 7,8 мВт) и импульсный лазер на красителях (620 нм, длительность светового импульса $10^{-13}$ с, частота 0,5 Гц, импульсная мощность $6 \cdot 10^6$ Вт, средняя мощность $3 \cdot 10^{-4}$ мВт) при идентичной экспозиции. Для фемтосекундного лазера стимуляция роста составила 89% против 60% для ГНЛ, и заметим, что в импульсном режиме средняя мощность была почти на четыре порядка меньше.

Известно, что импульсное НИЛИ красного спектра (635 нм) эффективнее повышает чувствительность различных бактерий к воздействию, чем импульсный лазерный свет ИК-диапазона (890 нм) [Червинец В.М. и др., 1999, 1999(2)].

К настоящему времени накопилось достаточно много материала исследований, доказывающих высокую эффективность лазерной терапии импульсными лазерами красного спектра (635 нм) в лечении больных в самых разных областях медицины.

## *Импульсные лазеры красного спектра (635 нм) в дерматологии*

В дерматологии, как нигде, наглядно продемонстрированы преимущества импульсного красного НИЛИ. Мы уже неоднократно говорили о том, что ГНЛ с длиной волны 633 нм первыми стали применять именно для ускорения заживления длительно не заживающих и инфицированных ран, но непрерывный лазерный свет не столь эффективен, как импульсный. С другой стороны, инфракрасный свет почти не поглощается в дерме, и вроде бы не следует ожидать от него сколь-нибудь значимого результата, но эффект оказался не хуже, чем от непрерывного красного лазерного света – как позднее выяснилось, именно благодаря импульсному режиму работы ИК-лазера. Совместив эти два положительных свойства – оптимальную длину волны с импульсным режимом – в одном лазерном диоде, мы прогнозировали

синергетический эффект, и полученные результаты полностью оправдали ожидания.

Нами было показано, что при освечивании инфицированных ран, как красным (635 нм), так и ИК (890–904 нм) импульсными лазерами мощностью 5 Вт (частота 80 Гц) в присутствии фотосенсибилизатора на основе метиленовой сини и хитозана изменяется скорость и характер этапов регенерации, а также сокращаются сроки заживления ран. При этом эффективность красного спектра значительно выше [Червинец В.М. и др., 1999(1)].

Успешным оказалось применение ЛТ красным импульсным лазером у больных очаговой склеродермией. На фоне медикаментозной терапии было проведено надвенное лазерное освечивание крови (НЛОК) с использованием импульсной лазерной излучающей головки с длиной волны 635 нм, мощностью 5 Вт, частотой 80 Гц. Время экспозиции составляло 12 мин. Курс состоял из 10 процедур, число курсов – от 1 до 3 с перерывом в 1–1,5 мес. Переносимость лечения у всех больных была хорошей. Ближайшие результаты оценивали по выраженности отёка, эластичности ткани, лилового венчика, уплотнения. У всех больных до и после лечения изучали показатели клеточного и гуморального иммунитета (Т-, В-лимфоциты, иммуноглобулины А, М, G, ЦИК). Терапия оказалась эффективной у всех пациентов, значительное улучшение отмечалось у 43 (75,4%), улучшение – у 14 (24,6%) больных. В процессе лечения последовательно бледнел лиловый венчик, уменьшались плотность, размер уплотнения, интенсивность воспалительных явлений, а также улучшались показатели клеточного и гуморального иммунитета. Отдалённое наблюдение не выявило появления новых очагов в течение 1–3 лет после лечебного курса [Бахметьев А.А., 2002].

Не устаём напоминать, что важен не материал активной области лазера, не его тип (газовый, полупроводниковый и т. д.), а именно длина волны и режим работы. Приведём в качестве примера исследование, демонстрирующее высокую эффективность импульсного красного лазерного света в комплексном лечении больных псориазом, где использовался не диодный лазер, а на парах золота. Можно говорить о том, что ЛД дешевле, удобнее и т. д., это уже вопросы массового применения методики, в исследованиях вполне могут быть задействованы и другие лазеры, важно представить в описании все параметры методики, в том числе и технические характеристики применяемой аппаратуры. Что блестяще сделали авторы одного из исследований, в табл. П1 приведены технические характеристики их установки в сравнении с другими лазерами [Кубылинский А.А., 2012; Кубылинский А.А. и др., 2012].

В исследование включались пациенты с различными формами псориаза, в возрасте от 18 до 75 лет, находящиеся на стационарном и амбулаторном лечении, всего 76 больных. Для оценки тяжести течения псориатического процесса и клинической эффективности проводимой терапии использовались дерматологические индексы Body Surface Area (BSA) и Psoriasis Area and Severity Index (PASI).

*Таблица П1*

**Технические характеристики лазерной медицинской установки на парах золота (Кубылинский А.А. и др., 2012) и лазерной излучающей головки МЛ-635-40 к аппаратам ЛАЗМИК®**

| Параметр, единица измерения | Значение | |
|---|---|---|
| | Лазер на парах золота | Лазерные диоды (МЛ-635-40) |
| Длина волны излучения, нм | 628 | 635 |
| Частота повторения импульсов, Гц | 10 000 | 0,5–10 000 |
| Средняя мощность излучения, Вт | 1 | $3{,}2 \cdot 10^{-4}$–0,04 |
| Максимальная мощность на выходе световода, не менее, Вт | 0,5 | – |
| Длительность световых импульсов, нс | 10 | 100 |
| Импульсная мощность излучения, Вт | 10 000 | 40 |
| Диаметр лазерного пучка, мм | 15 | – |
| Площадь области воздействия, $см^2$ | 2 | 8 |
| Плотность средней мощности, $Вт/см^2$ | 0,25 | $3{,}2 \cdot 10^{-4}$–0,04 * |

*Примечание.* * – в рабочем диапазоне частот 80–10 000 Гц.

Применяли и методику надвенного лазерного освечивания крови (НЛОК), локализация, к сожалению, не указана.

Лечение проводилось согласно стандартам оказания медицинской помощи больным псориазом и включало назначение антигистаминных препаратов 1–2-го поколения, седативных средств, растворов глюконата кальция и тиосульфата натрия. В качестве наружной терапии применяли крем Унны и топические стероиды.

Мощность излучения на конце световода подбиралась индивидуально в процессе первого сеанса в зависимости от восприимчивости пациента (ощущение комфортного тепла в месте контакта лазерного пера с кожной поверхностью), что связано, очевидно, с высокой средней мощностью лазера, при которой в ряде случаев (особенности пигментации кожи) возможны ожоги. Хотя применение высокой мощности в данном случае и обосновано, но безопасность пациентов всё-таки должна быть обеспечена. Кроме того, для данного типа лазеров (класс лазерной опасности 3В) имеются достаточно серьёзные ограничения в эксплуатации (наличие бронированной двери со специальным замком, блокирующим вход при работающем аппарате, принудительной вытяжной вентиляции и т. п.).

Экспозиция составляла 10 мин, а на курс 10 сеансов через день. Однако неоднократно было показано, что оптимальное время воздействия при методике НЛОК составляет 5 мин [Космынин А.Г., 2005; Кочетков А.В. и др., 2005; Лейдерман Н.Е., 2011]. Также, по мнению многих авторов, при данном заболевании необходимо проводить не менее 12–15 ежедневных сеансов ЛТ [Бадалов Н.Г. и др., 2003; Ракчеев А.П. и др., 1986; Суворов А.П. и др. 1994].

Вероятно, результаты лечения могли бы быть лучше, если скорректировать соответствующим образом методику. Кроме того, длина волны лазера на парах золота (628 нм) для воздействия на кровь и эритроциты как основной поглощающий фактор не совсем оптимальная, предпочтительнее иметь лазерный источник именно с длиной волны 635 нм [Гейниц А.В., Москвин С.В., 2010].

Возможно, поэтому к 5–8-му дню применения НЛОК в основной группе у больных с вульгарным псориазом проявилась только сдержанная положительная динамика патологического процесса, причём у 4 пациентов продолжали возникать свежие высыпания. Субъективные симптомы на 5-й день отсутствовали в основной группе у 75%, а к 8-му дню – у 100%. Но в то же время у пациентов группы сравнения зуд и жжение были полностью купированы только к 22-му дню [Кубылинский А.А. и др., 2012].

У больных, страдающих экссудативным псориазом, получавших НЛОК, положительные изменения в клинической картине наблюдались на 3–5-й день проводимой терапии. Зуд полностью отсутствовал у всех пациентов этой группы к 12-му дню наблюдений.

В результате проведённого лечения индекс BSA снизился на 76,2%, а индекс PASI – на 77,6%. В группе сравнения сходные позитивные сдвиги в клинической картине, а также снижении площади поражения кожных покровов характеризовались менее выраженным динамизмом – индекс BSA снизился на 72,4%, а индекс PASI – на 71,1% (рис. П2).

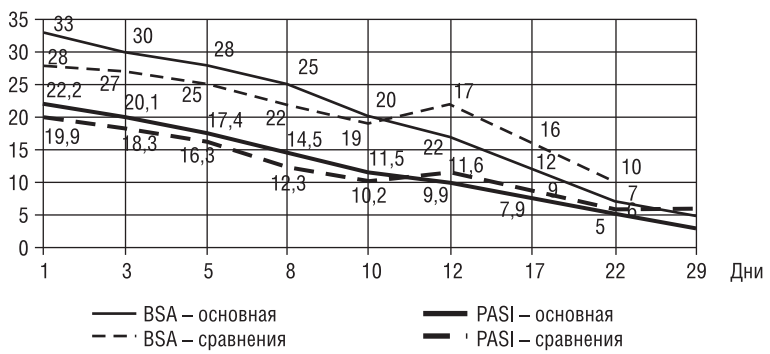



*Рис. П2.* Динамика показателей BSA и PASI в процессе проводимой терапии у пациентов основной группы и группы сравнения (Кубылинский А.А. и др., 2012)

У пациентов с артропатическим псориазом динамика псориатического процесса была схожей в обеих группах наблюдения. Однако у пациентов, получавших НЛОК, острота воспалительных явлений уменьшалась значительно интенсивнее и в более сжатые сроки. Жалобы на зуд у пациентов основной группы отсутствовали к 12-му дню наблюдений, тогда как в группе сравнения только к 22-му дню.

Применение НЛОК у больных псориатической эритродермией вызвало выраженную положительную динамику на течение псориатического процесса, к последнему контрольному осмотру клинические проявления псориатической эритродермии были полностью купированы. В группе сравнения проведение стандартных методов лечения не имело столь выраженного клинического эффекта, и площадь поражения кожных покровов сократилась незначительно. Лишь назначением высоких доз кортикостероидов (60 мг/сут) удалось получить эффект, примерно аналогичный при применении НЛОК. Интенсивность зуда у пациентов группы сравнения менялась на протяжении всего периода наблюдения, жалобы на зуд меньшей интенсивности они предъявляли и на заключительном визите, тогда как в основной группе эти явления отсутствовали уже к 8-му дню проводимого лечения.

После проведённого лечения у пациентов основной группы индексы BSA и PASI снизились с 32% и 22,3 балла до 5% и 2,8 балла. Улучшение этих показателей по отношению к началу исследования в среднем составило для BSA – 84,3% и PASI – 87,4%. У больных в группе сравнения, не получавших НЛОК, индексы BSA и PASI снизились с 27,8 ± 5,7% и 19,9 ± 2,4 балла до 9,7 ± 3,6% и 6,1 ± 1,9 балла, а улучшение этих показателей по отношению к началу исследования в среднем составило для BSA – 65,1% и PASI – 69,4% (рис. П3).

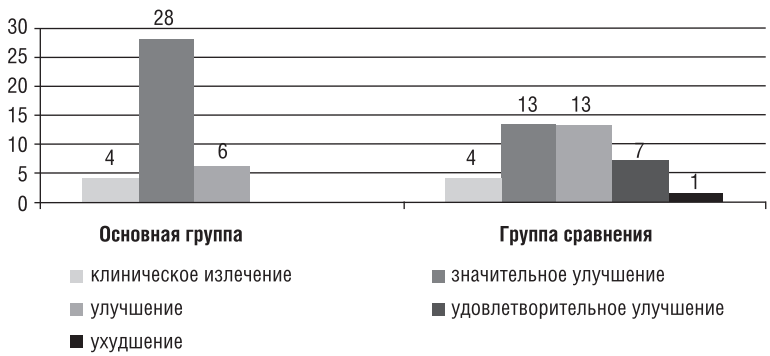



*Рис. П3.* Результаты лечения больных псориатической эритродермией (Кубылинский А.А. и др., 2012)

Таким образом, применение НЛОК импульсным красным лазерным светом купирует имеющиеся воспалительные изменения у пациентов, страдающих псориазом, вне зависимости от клинического варианта течения псориатического процесса. Воздействие НЛОК сопровождается выраженной положительной динамикой, приводящей к снижению эритемы, инфильтрации и шелушения, что приводит к быстрому уменьшению площади поражённой кожи.

Возникновение ответа на лазерную терапию наступает в более ранние сроки, а эффективность воздействия выше, чем в группе пациентов, получавших стандартное лечение (рис. П3). Так, у 4 (10,5%) пациентов основной группы и 4 (10,5%) группы сравнения после проведённого лечения наступило клиническое излечение. Значительное улучшение было констатировано у 28 (73,7%) пациентов основной группы и 13 (34,2%) пациентов группы сравнения.

Улучшение всех клинических признаков и симптомов по сравнению с исходным состоянием было характерно для 6 (15,8%) пациентов основной группы и 13 (34,2%) пациентов группы сравнения. У 8 пациентов (21%) группы сравнения результаты терапии были определены нами как неудовлетворительные, тогда как в основной группе у всех пациентов отмечалась выраженная положительная динамика. Таким образом, в основной группе результаты лечения, характеризующиеся как клиническое излечение, значительное улучшение и улучшение, отмечались у 38 пациентов, то есть у 100%, а в группе сравнения у 30 пациентов, что составило 79%.

Ещё немного про аппаратуру. Лазерная медицинская установка, которую использовали в представленном исследовании [Кубылинский А.А., 2012; Кубылинский А.А. и др., 2012], была разработана для фотодинамической терапии, где могла бы и применяться, но даже это невозможно, поскольку аппарат не зарегистрирован в Росздравнадзоре. Если к этому присовокупить и другие недостатки, весьма значительные габариты и вес, высокая стоимость, необходимость использования световодного инструмента и возникающие в связи с этим проблемы и т. п., то, безусловно, все преимущества в широком клиническом применении у импульсных диодных лазеров. Хотя исследования их эффективности в максимальных режимах (частота 10 000 Гц) и с учётом тех недостатков методики, о которых говорилось выше, ещё предстоит сделать.

## *Определение оптимальных режимов воздействия НИЛИ на регенераторные процессы при аутотрансплантации кожи*

Несмотря на определённые успехи, достигнутые в сосудистой хирургии, проблема лечения больных посттромбофлебической болезнью нижних конечностей продолжает оставаться одним из сложных и актуальных разделов клинической медицины.

Трофические язвы являются наиболее частым осложнением хронической венозной недостаточности (ХВН) и встречаются у 2% трудоспособного населения индустриально развитых стран. У лиц пожилого возраста частота трофических язв достигает 4–5%. Можно с уверенностью говорить о том, что лечение трофических язв является важнейшей медико-социальной проблемой современного общества. Различные методы консервативного и оперативного лечения, несмотря на их разнообразие и широкое применение, не приводят к

стойкому заживлению язв, в 40–80% наблюдается их рецидив [Савельев В.С. и др., 2002; Junger M. et al., 2000; Puruhito E., 2000].

В специальной литературе всё больше внимания уделяется использованию лазерного излучения при лечении больных с данной патологией. Среди них особое значение придаётся лазерной терапии [Жуков Б.Н., Лысов Н.А., 1997; Жуков Б.Н. и др., 2001]. В литературе можно найти сведения о механизмах влияния лазерного излучения на метаболизм тканей, микроциркуляцию, развитие соединительной ткани и репаративные процессы, гемореологию, иммунологический статус. Однако не было чётких показаний к использованию лазерного излучения различных спектральных диапазонов (особенно это касается новых импульсных лазеров с длиной волны 635 нм) и комбинированного воздействия НИЛИ двух длин волн в комплексной предоперационной подготовке больных с язвенной формой посттромбофлебической болезни, в том числе и аутодермотрансплантации.

Выбранная нами модель исследования позволила наглядно и максимально достоверно определить оптимальные параметры воздействия, что имеет важное значение для практической медицины. Полученные в ходе этих исследований данные были опубликованы ранее [Жуков Б.Н. и др., 1999, 1999(1), 2003; Пат. 2206350 RU].

С целью выявления оптимальных режимов воздействия лазерного излучения на регенераторные процессы при аутотрансплантации кожи был поставлен эксперимент на 45 белых беспородных крысах. Каждому животному в лопаточную область пересаживали кожный лоскут, взятый с противоположной стороны. Площадь аутотрансплантата составляла 1 $см^2$.

В послеоперационном периоде животным производилось лазерное воздействие на аутотрансплантат ежедневно по 5 мин в течение 10 дней в следующих режимах (аппарат «Матрикс»):

1) первая группа животных (n = 15) – излучающая головка ЛОК2 (635 нм, импульсный режим, частота 3000 Гц, длительность импульса 100 нс, мощность 3 Вт);
2) вторая группа животных (n = 15) – излучающая головка ЛО1 (890 нм, импульсный режим, частота 3000 Гц, длительность импульса 100 нс, импульсная мощность 3 Вт).

В качестве контроля служили препараты кожи животных (n = 15) после пересадки, которым не проводилось воздействие лазерным излучением.

Материал для гистологического исследования отбирался на 4, 7, 14, 28-е сутки после аутодермотрансплантации с фиксацией в 12% растворе формалина и последующей заливкой парафином. Серийные депарафинированные срезы толщиной 7–8 мкм окрашивали гематоксилином и эозином, пикрофуксином по Ван-Гизону и орсеином. Гистологические препараты изучали на цейсовском микроскопе Standart 25.

На 4-е сутки в аутотрансплантате у контрольной группы животных наблюдались распад эпидермиса и отслойка его с сохранением лишь базального слоя.

Нередко это сопровождалось лейкоцитарной инфильтрацией сосочкового и сетчатого слоя дермы, небольшими кровоизлияниями. В других участках в сосочковом слое дермы сохранялась соединительная ткань с нежной сетью коллагеновых и эластических волокон. В ней определялось большое количество волосяных фолликулов с явлениями атрофии в наружном эпителиальном влагалище. Отмечались скопления сальных желёз. Капилляры были полнокровными, расширенными, с явлениями стаза. В сетчатом слое дермы регистрировались грубые пучки коллагеновых волокон, ткань была богата сосудами, артериями, венами, капиллярами. Лейкоцитарная реакция выражена умеренно в виде диффузно расположенных сегментоядерных лейкоцитов и лимфоцитов. В сетчатом слое дермы отмечались грубые пучки коллагеновых волокон, ткань богата сосудами, артериями, венами, капиллярами. Лейкоцитарная реакция была выражена умеренно в виде диффузно расположенных сегментоядерных лейкоцитов и лимфоцитов. В пограничной с трансплантатом области определялись различные клеточные элементы соединительной ткани: фибробласты, тучные клетки, макрофаги и лейкоциты. Отмечались небольшие кровоизлияния в состоянии резорбции и лизиса. В сетчатом слое дермы находились грубые пучки коллагеновых волокон, а ткань была богата сосудами, артериями, венами, капиллярами. Лейкоцитарная реакция выражена умеренно в виде диффузно расположенных сегментоядерных лейкоцитов и лимфоцитов.

При воздействии лазерного излучения ткань аутотрансплантата отличалась от контрольной менее выраженной воспалительной лейкоцитарной инфильтрацией, лучшей сохранностью эпидермиса и развитостью микроциркуляторного русла.

При воздействии ИК-лазерным излучением (вторая группа животных) к 4-м суткам аутотрансплантат на большей части пограничной (контактной) с тканями реципиента зоны был ограничен нерезко выраженным лейкоцитарным валом, состоящим в основном из сегментоядерных лейкоцитов. Эпидермис на отдельных участках трансплантата отсутствовал, на других – сохранялся в виде небольших фрагментов. В сосочковом слое дермы преобладала нежная соединительная ткань, в которой выявлялись пучки нежных коллагеновых волокон. Чем ближе к сетчатому слою, тем эти пучки становились более грубыми. Клеточные элементы представлены скоплениями жировых, гладкомышечных клеток, а также клеток сальных желёз, фибробластов, сегментоядерных лейкоцитов и лимфоцитов (рис. П4, П5). Определялись многочисленные корни волос. Капилляры в сосочковом слое дермы сохранялись, вокруг них отмечались небольшие периваскулярные инфильтраты. На границе трансплантата с тканями реципиента начиналась регенерация эпидермиса. Вначале он состоял из тонкой полоски одного-двух слоёв клеток, затем становился всё более широким, содержал слои базальных, шиповатых клеток, зернистый, блестящий слои и широкий слой роговых чешуек. К эпидермису подходили многочисленные эпителиальные влагалища и воронки корней волос. Здесь нередко встречался шовный материал, являющийся маркером

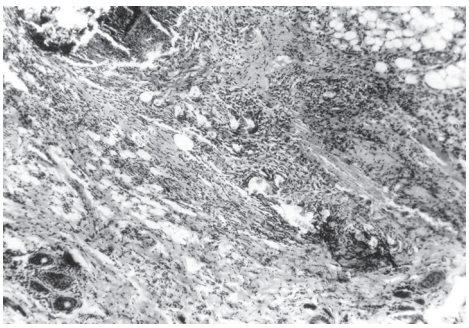


*Рис. П4.* Аутотрансплантат кожи белой крысы. 4-е сутки после операции и воздействия импульсным ИК НИЛИ (890–904 нм). Периваскулярная лейкоцитарная инфильтрация собственного слоя дермы. Гематоксилин и эозин. Об. 20, ок. 9

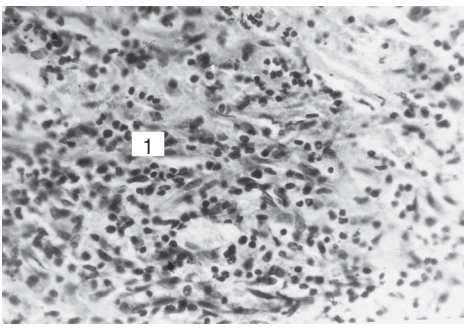



*Рис. П5.* Аутотрансплантат кожи белой крысы. 4-е сутки после операции и воздействия импульсным ИК НИЛИ (890–904 нм). Умеренная диффузная лимфоцитарная инфильтрация собственного слоя дермы (1). Окраска по Ван-Гизону. Об. 20, ок. 9

границ трансплантата. Он был окружен соединительно-тканной капсулой и скоплениями макрофагов и лейкоцитов. В пограничной с реципиентом зоне вокруг сосудов также встречались лейкоцитарные инфильтраты.

При использовании импульсного НИЛИ с длиной волны 635 нм (первая группа животных) к 4-м суткам трансплантат имел полиморфное строение, в центральной части которого отмечался небольшой участок гомогенной ткани, являющийся, по-видимому, результатом некроза эпидермиса и прилежащего слоя дермы. В более периферических частях ткань трансплантата была вполне жизнеспособной и содержала в себе все составные части: эпидермис, сосочковый и сетчатый слой дермы, подкожную клетчатку. Эпидермис был реактивно изменен, состоял из сохраненного базального слоя, отдельных шиповатых клеток, роговых чешуек. Толщина эпидермиса трансплантата изменялась в зависимости от того, насколько далеко он находился от места контакта, то расширяясь, то сужаясь. На границе с тканью реципиента был виден шовный материал (рис. П6). В сосочковом слое дермы преобладали клеточные элементы и большое количество капилляров. Среди клеточных элементов дифференцировались макрофаги, фибробласты, гладкомышечные клетки, лимфоциты и др., между ними рыхло располагались пучки коллагеновых волокон, отмечались многочисленные волосяные эпителиальные влагалища, окружающие корень волоса, и прилежащие к ним сальные железы. В более глубоких слоях дермы (сетчатый слой) пучки коллагеновых волокон становились более грубыми, количество клеточных элементов уменьшалось. Среди них все больше становилось гладкомышечных клеток. На границе с жировой тканью были видны многочисленные артерии мышечного типа, вены с продолжением в сосочковый слой дермы, капилляры (рис. П7). Жировая ткань подкожной

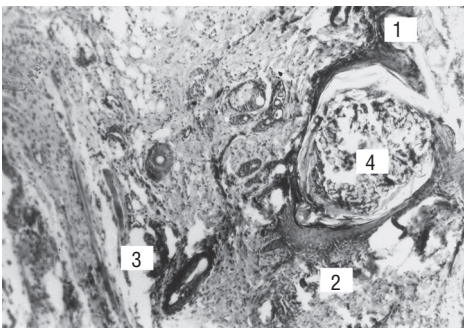



*Рис. П6.* Аутотрансплантат кожи белой крысы. 4-е сутки после операции и воздействия импульсным НИЛИ красного спектра (635 нм). Эпидермис (1), сосочковый (2) и сетчатый (3) слои дермы, шовный материал (4). Гематоксилин и эозин. Об. 20, ок. 9

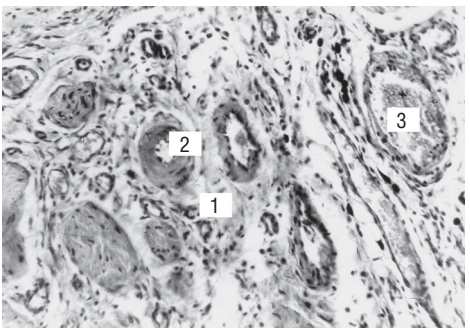



*Рис. П7.* Аутотрансплантат кожи белой крысы. 4-е сутки после операции и воздействия импульсным НИЛИ красного спектра (635 нм). Многочисленные сосуды – капилляры (1), артерии (2), вены (3) в сетчатом слое дермы. Гематоксилин и эозин. Об. 40, ок. 9

клетчатки имела обычное строение, в ней также встречались большое количество сосудов (артериальных, венозных, лимфатических). Прилежащая к ней рыхлая соединительная ткань в отличие от нормальной содержала множество клеточных элементов: макрофагов, фибробластов, лимфоцитов, тучных клеток и многочисленные капилляры.

Таким образом, при воздействии импульсным лазерным излучением с длиной волны 635 нм морфологические изменения в аутотрансплантате отличались от таковых в контроле и во второй группе. При этом не было резко выраженной воспалительной реакции, лейкоцитарной инфильтрации, в области трансплантата сохранялись участки эпидермиса с признаками жизнеспособности. В сосочковом и сетчатом слоях дермы происходили реактивные изменения соединительной ткани и всех составных частей кожи с новообразованием сосудов, в результате чего ткань была хорошо васкуляризированной.

На 7-е сутки после выполнения аутотрансплантации кожи в контрольной группе животных в области аутотрансплантата в эпидермисе определялись участки некроза, пронизанные сегментоядерными лейкоцитами и продуктами их распада (рис. П8). В сосочковом слое дермы также определялась лейкоцитарная инфильтрация. Пучки коллагеновых, эластических волокон сохранялись, имели обычное для этого слоя строение. Видны многочисленные корни волос с прилежащими к ним сальными железами. В сетчатом слое дермы пучки коллагеновых волокон были более грубыми, образуя пучки. Имелась периваскулярная лейкоцитарная инфильтрация. Сосуды сохранялись, образуя сплетения.

К 7-м суткам у животных первой опытной группы (635 нм) в области трансплантата эпидермис сохранялся, но не на всем протяжении. Определялись

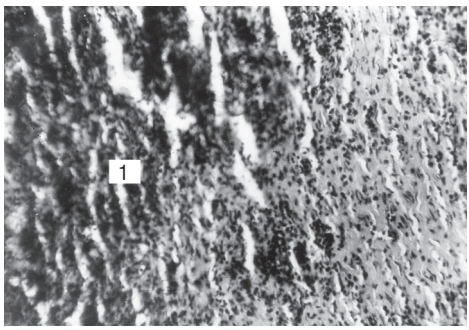



*Рис. П8.* Аутотрансплантат кожи белой крысы. 7-е сутки. Контроль. Лейкоцитарная инфильтрация некротизированного эпидермиса (1). Гематоксилин и эозин. Об. 20, ок. 9

участки, в которых эпидермис был менее инфильтрирован лейкоцитами, чем без воздействия лазерным излучением. Роговой слой эпидермиса часто отслаивался. В сосочковом слое дермы было множество гладкомышечных клеток, гистиоцитов, фибробластов, встречались пучки эластических и коллагеновых волокон, которые становились все грубее ближе к сетчатому слою дермы.

В сетчатом слое дермы имелось множество волосяных фолликулов, некоторые из них были деструктивно изменены. Прослойки жировой ткани в клетчатке были небольшими, но богаты сосудами: артериями мышечного типа, венами, сосудами с явлениями гемолиза эритроцитов. Глубже расположенная поперечно-полосатая мышечная ткань была с признаками отёка, ядра и поперечная исчерченность в волокнах сохранялись. На отдельных участках определялись признаки зернистой дистрофии. На границе с реципиентом соединительная ткань становилась все более богатой клеточными элементами, плотно расположенными друг к другу. Здесь много было гладкомышечных клеток, макрофагов, фибробластов, лимфоцитов. Отмечались сосуды с признаками гемолиза эритроцитов. Пограничная ткань была хорошо васкуляризированной, вены были полнокровными. Затем начиналась ткань реципиента с обычным для данного вида животных строением. Слои эпителия постепенно утолщались. В них появлялись все слои, кроме зернистого. Сосочковый и сетчатый слои дермы имели обычное строение, были очень богаты волосяными фолликулами и прилежащими к ним сальными железами. Сосуды были полнокровными. В поперечно-полосатой мышечной ткани наблюдались нерезко выраженные признаки межуточного отёка. После воздействия импульсным лазерным излучением с длиной волны 635 нм на 7-е сутки в области аутотрансплантата на отдельных участках эпидермис сохранялся. На других был частично инфильтрирован лейкоцитами, но везде реактивно изменён из-за отсутствия правильного расположения слоёв. Базальный слой эпителия повсеместно не изменялся. Слой шиповатых клеток был сохранен. Однако имелись клетки с признаками вакуольной дистрофии. Зернистый и блестящий слои были развиты слабо, слой роговых чешуек нередко был с признаками отслойки (рис. П9). Сосочковый слой дермы был несколько изменённым. В его соединительной ткани отмечалось увеличение количества клеточных элементов.

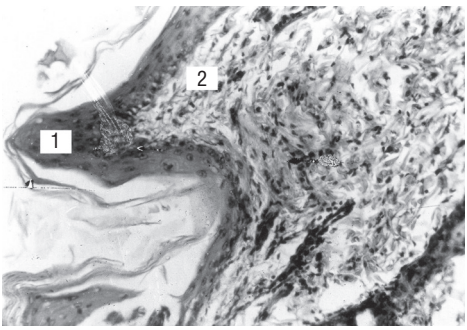



*Рис. П9.* Аутотрансплантат кожи белой крысы. 7-е сутки после операции и воздействия импульсным НИЛИ красного спектра (635 нм). Видны сохранённый эпидермис (1) и сосочковый слой дермы (2). Гематоксилин и эозин. Об. 20, ок. 7

Сосуды микроциркуляторного русла в сосочковом слое дермы были многочисленными, наблюдались небольшие кровоизлияния, встречались многочисленные сальные железы, сопровождающие корни волос, а также непосредственно открывающиеся в эпидермис (рис. П10). Определялись участки с очень большим количеством корней волос, сохраняющих нормальную структурную организацию. В сосочковом слое дермы трансплантата встречались различные клеточные элементы: макрофаги, лимфоциты, фибробласты, множество элементов микроциркуляторного русла – капилляров, венул, артерий. Все элементы микроциркуляторного русла были без признаков гемодинамических расстройств. Особенностью трансплантата при данном режиме воздействия (импульсное НИЛИ с длиной волны 635 нм) являлось отсутствие воспалительных изменений, в том числе и периваскулярных инфильтратов (см. рис. П9, П10). В области контакта тканей трансплантата и реципиента образовывался единый клеточный соединительно-тканный регенерат, соединяющий их.

Эпителиальная ткань реципиента сохранялась, но эпидермис имел различную толщину в зависимости от удалённости от трансплантата. Количество всех слоёв в нём не везде было одинаковым. В сосочковом слое дермы были видны многочисленные стержни волос, капилляры, сальные железы, впадающие в устье воронок волос, гладкомышечные клетки, макрофаги, коллагеновые и эластические волокна.

К 7-м суткам у животных второй опытной группы (импульсное ИК НИЛИ) в области трансплантата на значительном протяжении эпидермис исчезал,

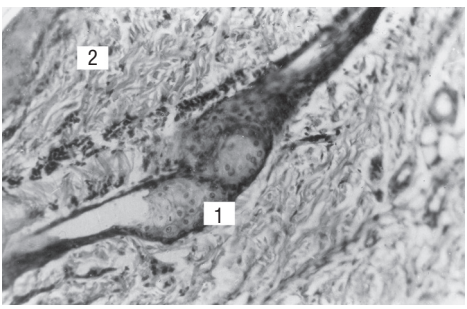



*Рис. П10.* Аутотрансплантат кожи белой крысы. 7-е сутки после операции и воздействия импульсным НИЛИ красного спектра (635 нм). Видны сальные железы (1), прилежащие к воронке волоса, и сосочковый слой дермы (2). Гематоксилин и эозин. Об. 20, ок. 9

определялись лишь его фрагменты, пронизанные сегментоядерными лейкоцитами. В связи с этим иногда встречались участки отслоенного и некротизированного эпидермиса. Сосочковый слой дермы прослеживался с трудом. В сетчатом слое дермы наблюдались характерные грубые пучки коллагеновых волокон. Артерии и вены были полнокровными, имелись следы бывших кровоизлияний. На границе между тканью реципиента и трансплантата видны были полости с шовным материалом, окружённые соединительной тканью. В этой зоне молодая соединительная ткань была более развита. В ней преобладали клеточные элементы и элементы микроциркуляторного русла: капилляры, венулы, артериолы. В отдалении от трансплантата со стороны реципиента в виде тонкого слоя появлялся эпидермис. Затем высота эпидермиса увеличивалась, в нем появлялись все обычные слои. В сетчатом слое дермы определялось множество волосяных фолликулов и корней волос, некоторые были кистозно изменены. Особенно грубые пучки коллагеновых волокон отмечались на границе тканей реципиента и трансплантата. Подкожная клетчатка была развита слабо, но с множеством полнокровных сосудов. Выявлялись единичные периваскулярные инфильтраты.

Поперечно-полосатые мышечные волокна скелетной мускулатуры имели реактивные изменения в виде поперечной фрагментации волокон и межуточного отёка.

Таким образом, при воздействии лазерным излучением в различных режимах к 7-м суткам отмечались, по сравнению с показателями в контрольной группе, лучшая сохранность эпидермиса, меньшая степень выраженности воспалительных изменений, в том числе лейкоцитарной инфильтрации, определялись более развитые элементы микроциркуляторного русла и более крупные сосуды во всех слоях дермы и подкожной клетчатки, соединительная ткань и эпидермис на границе с тканью реципиента были хорошо развитыми. Однако наиболее отчётливо были выражены эти отличия при воздействии НИЛИ красного спектра (635 нм).

На 14-е сутки при воздействии ИК НИЛИ в области трансплантата ещё отмечались участки, лишённые эпидермиса, или резко истончённого эпителиального пласта, состоящего из одного-двух слоёв клеток (рис. П11). Однако по сравнению с контролем зона эпителизации была значительно большей. Поверхность эпидермиса ровная, в сосочковом и сетчатом слоях дермы определялись ещё участки деструкции с разрушением коллагеновых волокон, корней волос. На границе с трансплантатом, в области сосочкового и сетчатого слоёв дермы, имелся небольшой лейкоцитарный вал, как бы ограничивающий ткань трансплантата от окружающих тканей реципиента, в том числе и мышечной (см. рис. П11). Лейкоцитарная инфильтрация трансплантата была значительно слабее, чем у не получавших лазерного воздействия животных, и сохранялась преимущественно в участках отторжения эпидермиса.

В самом трансплантате эпидермис состоял лишь из 1–2 слоёв клеток: базальных и шиповатых, что свидетельствовало о начале его регенерации.

*Рис. П11.* Аутотрансплантат кожи белой крысы. 14-е сутки после операции и воздействия импульсным ИК НИЛИ (890–904 нм). Эпидермис сохранен (1), в сосочковом и сетчатом слоях дермы многочисленные корни волос (2). На границе с клетчаткой лейкоцитарная инфильтрация. Гематоксилин и эозин. Об. 8, ок. 6

В собственном слое дермы пучки коллагеновых волокон были очень нежными, располагались между клеточными элементами. В этой же зоне находились корни волос с сальными железами, некоторые из них были реактивно изменёнными (см. рис. П11). Вокруг сосудов определялись небольшие лимфогистиоцитарные инфильтраты. В сетчатом слое дермы пучки коллагеновых волокон были очень грубыми, пересекались в различных направлениях, иногда выявлялись признаки набухания. В области клетчатки встречались многочисленные сосуды. В пограничных с трансплантатом участках отмечалась гибель корней волос, определялась регенерация эпидермиса и формирование молодой соединительной ткани, соединяющей ткань трансплантата с тканью реципиента. В эпидермисе реципиента эпителий везде был сохранен, имел различную толщину, а в толще его были видны воронки волос. В сосочковом слое дермы преобладали грубые пучки коллагеновых волокон, а в сетчатом слое эти волокна разделяли многочисленные корни волос и волосяные фолликулы. Видны были сальные железы, выходные протоки которых иногда свободно открывались в области эпидермиса. Клетчатка богата жировой тканью, с множеством сосудов. На границе трансплантата и реципиента, с краёв в область трансплантата, отмечалось постепенное нарастание пласта регенерирующего эпителия. В окружающей аутотрансплантат зоне определялось глубокое проникновение эпидермиса в сосочковый слой дермы. В результате этого сосочковый слой был хорошо выражен. По сравнению с контролем в клетчатке отмечалось больше сосудов как микроциркуляторного русла, так и сосудов более крупного калибра, наблюдалось меньше деструктивных и воспалительных изменений во всех слоях, регенерация эпидермиса была более выраженной.

При воздействии лазерным излучением с длиной волны 635 нм в области трансплантата к 14-м суткам эпидермис в основном сохранялся, на отдельных

участках был истончён, на других – наоборот, гипертрофирован и глубоко внедрялся в сосочковый слой дермы. В нём можно было дифференцировать базальный слой и слой шиповатых клеток, слабо развитые зернистый и блестящий слои, нередко отслоённые роговые чешуйки. Регенерация эпидермиса в таких участках происходила за счёт сохранённого базального слоя. Границы трансплантата прослеживались за счёт нерезко выраженной лейкоцитарной инфильтрации, которая определялась на границе с трансплантатом и состояла из лимфоцитов. В местах резорбированного шовного материала на границе образовывались полости, окружённые небольшой соединительно-тканной капсулой. В области трансплантата сосочковый слой дермы был развит слабо. Поверхность его была ровной, ткань хорошо васкуляризированной (рис. П12, П13), причём отмечалось особенно много капилляров. Наблюдалась перестройка соединительной ткани трансплантата с образованием большого количества фибробластов. Из других клеточных элементов здесь определялись макрофаги, тучные клетки, отдельные гладкомышечные клетки. В более глубоких слоях сетчатого слоя дермы встречались жировые клетки. Микроциркуляторные расстройства проявлялись в виде следов кровоизлияний, явлений стаза в отдельных капиллярах и венулах. Ближе к мышечному слою сосуды становились более крупными. Определялись артерии мышечного типа, множество вен и капилляров (см. рис. П13). В ткани реципиента в пограничной зоне изменения были теми же самыми, что и в трансплантате: наличие периваскулярных инфильтратов, развитие молодой соединительной ткани, гиперплазия жировых клеток. Эпидермис становился всё более широким и неровным, глубоко внедряясь в соединительную ткань, образующую сосочко-

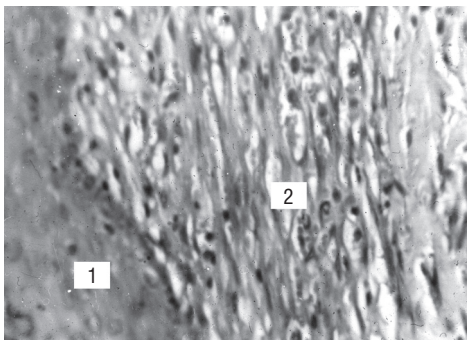



*Рис. П12.* Аутотрансплантат кожи белой крысы. 14-е сутки после операции и воздействия импульсным НИЛИ красного спектра (635 нм). Эпидермис (1) и многочисленные капилляры (2) в сосочковом слое дермы. Гематоксилин и эозин. Об. 40, ок. 7

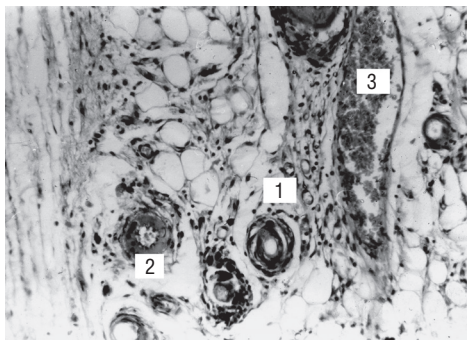



*Рис. П13.* Аутотрансплантат кожи белой крысы. 14-е сутки после операции и воздействия импульсным НИЛИ красного спектра (635 нм). Многочисленные капилляры (1), артерии (2), вены (3) в рыхлой соединительной ткани. Гематоксилин и эозин. Об. 20, ок. 6

вый слой дермы. В эпидермисе прослеживался базальный слой, а также слой шиповатых клеток и роговой слой. В сосочковом слое дермы определялось множество капилляров, некоторые из них были расширенными, с явлениями стаза. Кое-где отмечались следы бывших кровоизлияний в виде фибринового сгустка. Волосяные луковицы и корни волос были с гиперплазией эпителия наружных эпителиальных влагалищ. Чем дальше от места трансплантата, тем больше встречалось корней волос и волосяных фолликулов. Лейкоцитарная инфильтрация была выражена слабо. В сетчатом слое дермы было много волосяных фолликулов, определялись грубые пучки коллагеновых волокон. Поперечно-полосатая мышечная ткань сохраняла структурные признаки жизнеспособности.

При оценке изменений в трансплантате следует отметить отсутствие выраженных воспалительных изменений, представленных лишь пограничной лейкоцитарной инфильтрацией, активное развитие элементов микроциркуляторного русла и сохранность более крупных сосудов, а также активную регенерацию эпидермиса.

После воздействия импульсным НИЛИ инфракрасного спектра на 21-е сутки после выполнения аутотрансплантации, по сравнению с контролем, в области трансплантата эпидермис просматривался на всем протяжении и имел неодинаковое строение, представляя собой то участки, содержащие несколько слоёв клеток, то фрагменты, состоящие буквально из 1–2 слоёв (базального и слоя шиповатых клеток). На эпителизирующихся трансплантатах клетки иногда имели нетипичную форму. Базальный слой состоял из уплощённых клеток, тогда как в норме они были цилиндрической формы. К эпидермису подходили многочисленные корни волос. Однако многие, как и в контрольной группе, были деформированными. В одних были разрушены внутренние эпителиальные влагалища. Сальные железы зачастую прилежали не к воронке волоса, а располагались в более глубоких слоях, изолированно от волоса, и содержали много погибших клеток. Единичные сальные железы вообще превратились в кисты с гомогенным и бесклеточным содержимым. В целом можно сказать, что в большей части корней волос происходили достаточно глубокие деструктивные изменения, распространяющиеся на наружные и внутренние эпителиальные влагалища, стержни волос, сальные железы и мышцы, поддерживающие волосы.

В сосочковом слое дермы при окраске пикрофуксином выделялось множество коллагеновых волокон, которые преобладали над клеточными элементами. Встречались участки, инфильтрированные сегментоядерными лейкоцитами, детритом и гистиоцитами, которые локализовывались в местах погибших волос в сосочковом слое дермы. Однако эта реакция выражена слабее, чем в контроле, и связана, вследствие операции, с ухудшением трофики эпидермиса. В сетчатом слое дермы, который не очень широк, преобладали пучки грубых коллагеновых волокон. Дальше располагалась клетчатка, состоящая из жировых клеток. В ней встречались крупные сосуды: артерии мышечного

типа, много вен, капилляров, образующих сплетения. На границе с эпителием реципиента с краёв на поверхность трансплантата отмечалось разрастание эпидермиса. Он отличался большей толщиной за счёт множества базальных и шиповатых клеток, развитостью зернистого, блестящего слоёв и слоя роговых чешуек, который нередко отслаивался. Сосочковый слой дермы имел обычное строение, содержал тонкие и беспорядочно расположенные коллагеновые волокна и единичные периваскулярные лейкоцитарные инфильтраты. Сетчатый слой дермы и клетчатка были без особенностей. По сравнению с контролем отмечалась лучшая регенерация эпидермиса, определялись менее выраженная воспалительная реакция, сохранность сосудов, дермы и клетчатки.

При воздействии импульсным лазерным излучением с длиной волны 635 нм на 21-е сутки после операции на большей части поверхности трансплантата многослойный плоский неороговевающий эпителий был сохранен (рис. П14). Он имел неравномерную толщину, в центре трансплантата эпидермис состоял из слоёв: базальных, шиповатых клеток, зернистого, слабо выраженного блестящего слоя и отслоенных роговых чешуек. К эпидермису прилегали многочисленные сальные железы, выводные протоки которых впадали в воронки волос. В сосочковом слое дермы преобладали волокнистые структуры: пучки коллагеновых волокон и эластические волокна, а также множество капилляров (рис. П15). Непосредственно в области контакта ткани реципиента и трансплантата в сетчатом слое дермы определялись участки лизиса коллагеновых волокон и других структур. В то же время в сетчатом слое дермы обнаруживались многочисленные корни волос и вновь образующиеся фолликулы. В соединительную ткань входило множество элементов микроциркуляторного русла: капилляров, венул (см. рис. П15),

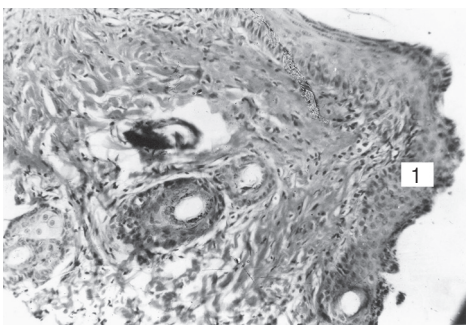



*Рис. П14.* Аутотрансплантат кожи белой крысы. 21-е сутки после операции и воздействия импульсным НИЛИ красного спектра (635 нм). Эпителизация (1) раневой поверхности. Гематоксилин и эозин. Об. 20, ок. 6

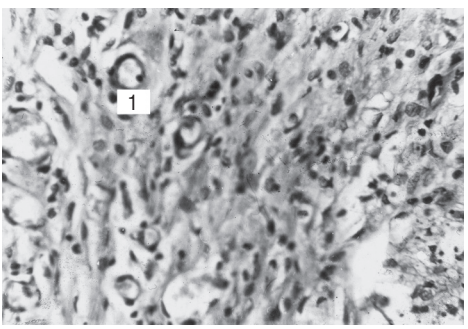



*Рис. П15.* Аутотрансплантат кожи белой крысы. 21-е сутки после операции и воздействия импульсным НИЛИ красного спектра (635 нм). Многочисленные капилляры (1) в сосочковом слое дермы. Гематоксилин и эозин. Об. 40, ок. 6

артериол, а также более крупных вен, артерий мышечного типа различного калибра.

Отмечались гемодинамические расстройства в виде кровоизлияний, периваскулярных инфильтратов и других структурных признаков. Нарушений микроциркуляции зарегистрировано не было. В центре трансплантата определялась соединительная ткань, состоящая из клеток и пучков коллагеновых и эластических волокон. На очень небольшом участке эпидермиса не было, а дефект был заполнен грануляционной тканью. Определялось множество капилляров и клеточных элементов рыхлой соединительной ткани – гистиоцитов, фибробластов, лимфоцитов и отдельных многоядерных макрофагов. Ткань была обильно васкуляризирована, особенно элементами микроциркуляторного русла: расширенными капиллярами, венулами, артериолами, а также мелкими артериями. Чем ближе к ткани реципиента, тем больше ткань напоминала неизменённую кожу. Слой эпидермиса становился толще (рис. П15). В нём хорошо были выражены сосочки, отмечалось содержание всех обычных для эпидермиса слоёв – от базального до роговых чешуек. Особенно был развит слой шиповатых клеток. В сосочковом и сетчатом слоях дермы преобладали коллагеновые волокна и определялось множество сальных желёз. Корни волос и волосяные фолликулы сохраняли все признаки жизнеспособности и содержали хорошо выраженные наружные и внутренние эпителиальные влагалища. Сетчатый слой дермы был богат корнями волос, в том числе вновь образующимися. Соединительная ткань между ними состояла из клеток и зрелых пучков коллагеновых волокон, отличаясь повышенной васкуляризацией: множеством продольно и поперечно срезанных капилляров, артериол, венул, капилляры от которых соединялись с сосочковым слоем дермы. Чем ближе к клетчатке, тем более крупными становились сосуды. Их количество явно преобладало по сравнению с таковыми в других экспериментах. В поле зрения определялось множество артерий мышечного типа среднего калибра, венул, а также вновь образованных капилляров.

Характерно, что периваскулярные инфильтраты и другие признаки воспалительных изменений отсутствовали. Сохранённые участки поперечнополосатой мышечной ткани располагались в виде групп мышечных волокон, разделённых широкими прослойками эндомизия, однако сами волокна сохраняли признаки жизнеспособности, а также сами ядра и миофибриллы.

Таким образом, воздействие импульсным НИЛИ красного спектра с длиной волны 635 нм на аутотрансплантат способствует хорошему развитию сосудистого и особенно микроциркуляторного русла. Была выявлена меньшая степень выраженности деструктивных и воспалительных изменений в тканях. Наблюдались хорошая регенерация эпидермиса, жизнеспособность и формирование структурных признаков корней волос.

На 28-е сутки в контрольной (без воздействия лазерным светом) группе животных в месте травмы эпидермис полностью отсутствовал, отмечались очаговые и диффузные лейкоцитарные инфильтраты. Инфильтрат состоял из

лимфоцитов, плазматических клеток, макрофагов (в том числе и многоядерных). Периваскулярные инфильтраты, участки распада и лизиса коллагеновых волокон определялись в сосочковом и сетчатом слоях дермы. Корни волос были с различными проявлениями разрушения, дистрофии. Лейкоцитарные инфильтраты в сетчатом слое дермы и клетчатке пронизывали трансплантат на значительном расстоянии, вплоть до мышечной ткани. Некоторые волосяные фолликулы были кистообразно изменены.

В результате воздействия инфракрасным лазерным излучением на 28-е сутки после операции в области трансплантата лейкоцитарной реакции почти не было. Эпидермис восстановился на большей части поверхности. В сосочковом слое дермы стали определяться коллагеновые и эластические волокна, а также обычные для этого слоя клеточные элементы рыхлой соединительной ткани. Определялись многочисленные корни волос с сальными железами. Васкуляризация осуществлялась преимущественно множеством элементов микроциркуляторного русла – капилляров, артериол, венул, более активно развитых, чем в контроле. Последние отходили от более крупных сосудов – артерий, вен, расположенных на границе сетчатого слоя дермы и клетчатки. Сетчатый слой дермы и клетчатка имели обычное строение.

После воздействия импульсным лазерным излучением с длиной волны 635 нм на 28-е сутки почти вся раневая поверхность была покрыта эпидермисом (рис. П16). Только в центре её сохранялся небольшой участок, лишённый эпителия. Однако с краёв отмечалась активная регенерация, в результате чего эпителий, сначала состоящий из одного слоя уплощённых эпителиальных клеток, становился многослойным и приобретал все типичные для нормального эпидермиса слои. В клетках базального и шиповатого слоёв обнаруживались многочисленные фигуры митоза. Чем дальше от места операции, тем шире становился слой эпидермиса, в нём появлялись сосочки, вдающиеся в дерму. Сосочковый и сетчатый слои состояли в основном из пучков коллагеновых волокон, густота расположения которых была различной. Наряду с сохранёнными волосяными фолликулами и корнями волос преобладали вновь появляющиеся фолликулы. В местах прохождения шовного материала, на границе с тканью реципиента, сохранялись полости, окружённые соединительной

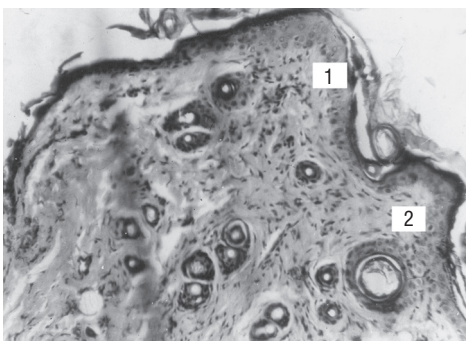



*Рис. П16.* Аутотрансплантат кожи белой крысы. 28-е сутки после операции и воздействия импульсным НИЛИ красного спектра (635 нм). Эпидермис (1) и сосочковый слой дермы (2). Гематоксилин и эозин. Об. 20, ок. 6

тканью. Отмечались участки лизиса старых коллагеновых волокон, к которым прилежали обширные зоны молодой соединительной ткани, отличающейся нежной сетью коллагеновых волокон, наличием макрофагов, лимфоцитов. Ткань очень хорошо была васкуляризирована капиллярами, артериолами, венулами, венами. Лейкоцитарные инфильтраты вокруг сосудов были крайне редки. Образовывались новые многочисленные волосяные фолликулы. Жировые клетки, богатые сосудами, встречались островками. В прилегающих к месту трансплантации участках эпидермис и дерма имели обычное строение.

В целом, оценивая влияние различных видов лазерного воздействия на состояние аутотрансплантата кожи, мы отметили его положительную роль, проявляющуюся в менее выраженных деструктивных изменениях кожи, воспалительной реакции, более активном развитии элементов микроциркуляторного русла, чем в контроле. Регистрировалась гибель части эпидермиса трансплантата, так как эпидермис не имеет своих сосудов, и трофика его осуществляется диффузно через базальную мембрану из сосочкового слоя дермы, а при трансплантации происходит нарушение целостности части сосудов.

Однако при лазерном воздействии наблюдалась более активная регенерация эпидермиса, что связано с интенсивным развитием микроциркуляторного русла и противовоспалительным воздействием данного лечебного фактора. Из всех режимов наиболее эффективным оказалось воздействие импульсным НИЛИ красного спектра с длиной волны 635 нм. К особенностям его положительного влияния следует отнести отсутствие выраженной воспалительной реакции (слабая диффузная и очаговая лейкоцитарная инфильтрация), микроциркуляторных и циркуляторных расстройств (кровоизлияний, периваскулярных инфильтратов, явлений стаза) при хорошей регенерации эпидермиса с восстановлением всех слоёв и развитии молодой, хорошо васкуляризированной соединительной ткани в местах повреждения, а также при активном развитии в сосочковом слое дермы элементов микроциркуляторного русла и крупных сосудов в более глубоких слоях дермы и клетчатки. Эти особенности оказались наиболее выражены при комбинированном воздействии импульсным НИЛИ красного и ИК спектров.

Уровень исходного $pO_2$ донорского участка до оперативного вмешательства составил 52,0 мм рт. ст. С 5-х суток эксперимента в контрольной группе (использование импульсной лазерной головки ИК с длиной волны 890 нм) начинал возрастать уровень $pO_2$ (7,2 мм рт. ст.), который к 30-м суткам достигал 40,5 мм рт. ст. В опытной группе рост исходных показателей начинается с 3-х суток. К 30-м суткам парциальное давление кислорода почти достигает исходного уровня донорского участка (51,5 мм рт. ст.). Таким образом, в опытной группе отмечалось ускорение роста значений парциального давления кислорода по сравнению с контролем (рис. П17).

В табл. П2 и П3 приведены сравнительные данные результатов освечивания, получаемых при воздействии НИЛИ с различными параметрами на раневой процесс и трофические язвы.

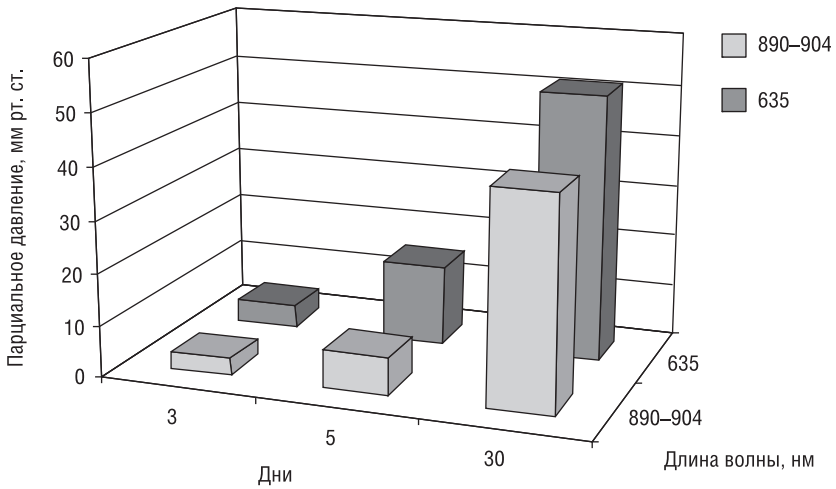



*Рис. П17.* Изменение парциального давления раны после воздействия импульсного НИЛИ с разной длиной волны

*Таблица П2*

**Сравнительный обобщённый анализ процесса заживления раны (в сутках) при различных вариантах освечивания в эксперименте**

| Эффект лечения | Контроль | Непрерывное НИЛИ (633 нм)* | Импульсное НИЛИ (890 нм) | Импульсное НИЛИ (635 нм) |
|---|---|---|---|---|
| Исчезновение отёка | 9,5 ± 0,9 | 8,1 ± 0,9 | 7,7 ± 0,9 | 2,0 ± 0,5 |
| Появление грануляционной ткани | 7,5 ± 1,1 | 6,3 ± 0,8 | 6,1 ± 0,5 | 3,0 ± 0,5 |
| Заполнение раны грануляционной тканью | 14,0 ± 2,2 | 12,8 ± 2,1 | 12,5 ± 2,0 | 7,0 ± 1,8 |
| Полное заживление | 27,0 ± 6,1 | 25,1 ± 6,3 | 24,5 ± 3,2 | 18,5 ± 2,0 |

*Примечание.* * – [Полонский А.К. и др., 1998].

*Таблица П3*

**Сравнительный обобщённый анализ процесса заживления трофических язв нижних конечностей (в сутках) после освечивания НИЛИ с различными параметрами**

| Эффект лечения | Контроль | Непрерывное НИЛИ (633 нм)* | Импульсное НИЛИ (890 нм) | Импульсное НИЛИ (635 нм) |
|---|---|---|---|---|
| Снятие болей и отёков | 15,3 ± 2,5 | 14,5 ± 1,1 | 9,1 ± 1,2 | 5,6 ± 0,8 |
| Закрытие язвы | 30,0 ± 5 | 26,0 ± 7,3 | 22,6 ± 4,5 | 14,4 ± 3,2 |

*Примечание.* * – [Полонский А.К. и др., 1998].

Таким образом, импульсное лазерное излучение красного спектра (635 нм) более эффективно при стимуляции приживляемости аутотрансплантата и при лечении трофических расстройств, длительно не заживающих ран и ожогов по сравнению как с импульсным ИК-лазерным излучением, так и ещё в большей степени по сравнению с непрерывным НИЛИ красного спектра. Наилучшим с точки зрения стабильности полученного результата и качества заживления ран оказалось комбинирование импульсного НИЛИ красного и ИК спектров.

## *Импульсное НИЛИ красного спектра в комплексной терапии больных узловатым ангиитом*

Проблема сосудистой патологии кожи остаётся одной из важнейших в современной дерматологии. Это связано с ростом числа больных, страдающих ангиитами кожи, нередко с тяжёлым рецидивирующим течением, резистентностью к терапии, преимущественным поражением лиц молодого и зрелого трудоспособного возраста. К решению этой медико-социальной задачи постоянно привлекалось пристальное внимание многих исследователей [Иванов О.Л., 1999; Самсонов В.А., 2002].

Ангиитами кожи называют дерматозы, в клинической и патоморфологической симптоматике которых первоначальным и ведущим является неспецифическое воспаление стенок дермальных и гиподермальных сосудов различного калибра. В настоящее время насчитывается до 50 нозологических форм, относящихся к ангиитам кожи. Одной из наименее изученных форм дермальных ангиитов является узловатый ангиит (УА). Проблемы микроциркуляции при этом заболевании остаются недостаточно освещенными в специальной литературе [Иванов О.Л., 1999].

Полиэтиологический характер заболевания, многофакторный патогенез, наличие сопутствующей патологии у больных с узловатым ангиитом, с одной стороны, требует назначения многокомпонентного комплексного лечения [Кочетков М.А., 2000]. С другой стороны, увеличивается риск возникновения побочных эффектов каждого из назначаемых препаратов и далеко не всегда обеспечивается стойкий терапевтический эффект, поэтому представляется целесообразным более активное внедрение альтернативных немедикаментозных методов терапии. В последние годы появилось достаточно публикаций по применению НИЛИ при ангиитах кожи, однако остаётся актуальной разработка новых терапевтических методик с использованием современной аппаратуры на основе изучения особенностей микроциркуляторных нарушений.

Ведущими характерными функциональными нарушениями в системе микроциркуляции при ангиитах кожи являются вазоспазм (и как следствие его – повышение внутрисосудистого давления и замедление кровотока) и снижение тканевой перфузии [Иванов О.Л., 1999; Кочетков М.А., 2000].

Одной из причин нарушения регуляции сосудистого тонуса, по мнению P.R. Myers (1994), может быть нарушение баланса между синтезом оксида

азота – NO (оказывающего вазодилатационный эффект, снижающего артериальное давление и ингибирующего адгезию нейтрофилов к эндотелиоцитам) и эндотелинами (пептидами эндотелиальных клеток, обладающими вазоконстрикторными свойствами). У больных ангиитами кожи выявлено повышение синтеза эндотелинов (функциональных антагонистов оксида азота), вызванное стимуляцией эндотелиоцита иммуноцитокинами, синтез которых увеличен при ангиитах кожи.

Для оценки микроциркуляции в последнее время широко используется метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Биологический эффект воздействия НИЛИ связан с многофакторным влиянием на различные структурные компоненты системы микроциркуляции. Экспериментальные исследования и клиническая практика однозначно позволяют говорить о перспективности применения именно импульсного режима НИЛИ.

Основу исследования составляют данные наблюдений за 21 больным узловатым ангиитом в возрасте от 15 до 65 лет. Продолжительность заболевания была различной: с давностью заболевания до 2 месяцев мы наблюдали 9 больных (43%), от 2 до 6 месяцев – 3 (14%), около 1 года страдали 2 пациента (10%), до 3 лет были больны 4 пациента (19%), до 10 лет – 3 больных (14%).

У всех наблюдаемых пациентов клиническая картина была характерна для данной патологии, однако единичные узловатые элементы мы отметили лишь у 1 больного (5%), а достоверно чаще обнаруживали множественные высыпания – у 20 пациентов (95%). По совокупности клинических и лабораторных данных нами были выделены низкая (у 11 больных – 52%) и высокая степень активности кожного процесса (у 10 больных – 48%). При низкой (I) степени активности процесса плоские внутрикожные узлы локализовались преимущественно на голенях и стопах, без выраженных островоспалительных проявлений субъективные проявления были выражены незначительно или отсутствовали, лабораторные тесты (лейкоциты, СОЭ, С-реактивный белок, анти-о-стрептолизин и другие) соответствовали норме. При высокой (II) степени активности процесса кожные высыпания носили распространённый характер (на стопах, голенях, бёдрах, коже живота и предплечьях), имелись выраженные признаки воспаления: в виде отёчности голеней и стоп, яркой окраски кожи над узлами; выраженная болезненность при движении и при пальпации, иногда зуд, боли в суставах; выявлялись также и отклонения в лабораторных показателях.

Были проанализированы также сопутствующие заболевания. У 17 больных определялись хронические воспалительные заболевания носоглотки, микотическая инфекция – у 13 больных. Варикозный симптомокомплекс обнаружен у 6 больных, ожирением страдали 4 пациентки. У 13 женщин выявлены заболевания половой сферы. Среди пациентов с высокой активностью процесса чаще встречалась микотическая инфекция, вместе с тем заболевания ЛОР-органов и кариес достоверно чаще встречались при низкой степени активности УА ($p < 0,05$). Выявлена зависимость активности кожного процесса от избытка

массы тела больного ($p < 0,05$). При ожирении II степень активности процесса встречалась чаще.

С целью оптимизации лечения больных узловатым ангиитом применили комплексную ЛТ с оценкой полученных результатов. Для воздействия применяли АЛТ «Матрикс», излучающие головки: ЛО1 (длина волны 890 нм, режим работы импульсный, мощность излучения 5 Вт); ЛОК2 (длина волны 635 нм, режим работы импульсный, мощность излучения 5 Вт); МЛ01К – матричная импульсная излучающая головка (длина волны 890 нм, мощность до 50 Вт с 8 лазерных диодов). Частота повторения импульсов у всех лазерных излучающих головок была 80 Гц.

Методика ЛТ, включающая воздействие импульсным лазерным излучением красного (635 нм) спектра, была отработана до начала данного исследования [Москвин С.В., Киани А., 2003]. Пациентам ежедневно проводили сеансы НЛОК с использованием головки ЛО1 контактно-зеркальным способом (с зеркальной насадкой ЗН-35) в области левого подключичного сосудистого пучка, кубитальных вен, паховых и подколенных сосудистых пучков в течение 15 мин (суммарно), на курс 10–12 процедур. На очаги поражения светили МЛ01К по контактно-стабильной методике по 5 мин на каждую конечность. По ходу расположения поверхностных вен голеней проводили освечивание головкой ЛОК2 контактно-зеркальным способом 2 мин на голень.

Проводили преимущественно монотерапию, однако некоторым больным назначали антибиотики, небольшие дозы нестероидных противовоспалительных препаратов и/или антигистаминных средств, препараты йода получали 2 больных. Местно применяли компрессы с 10% водным раствором ихтиола, полуспиртовые компрессы, аппликации кортикостероидных мазей и мазей, содержащих нестероидные противовоспалительные средства, компрессы с 33% раствором димексида.

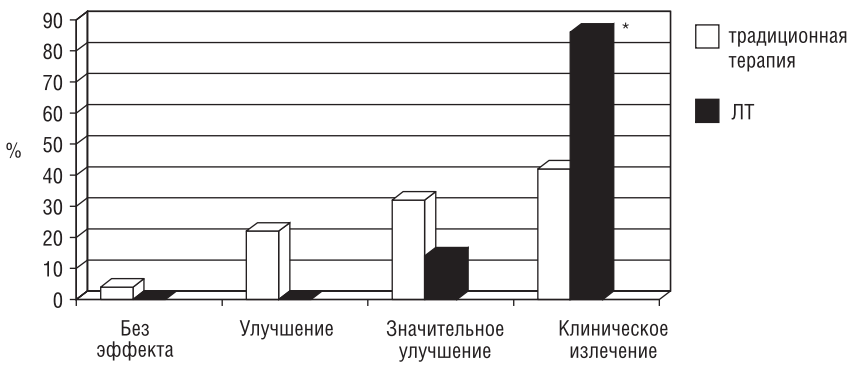
Для изучения особенностей микроциркуляции у больных УА применялся метод ЛДФ с использованием компьютеризированного лазерного анализатора капиллярного кровотока «ЛАКК-01» НПО «ЛАЗМА» (Москва). Исследование осуществляли до и после курса терапии, интервал между исследованиями составлял 14–17 дней. Измерения проводили в положении испытуемого лежа на спине, руки расположены вдоль тела (при температуре в помещении 20–22 °С, в период с 9 до 12 ч, после завтрака и адаптации испытуемого к данному помещению и по положению тела в течение 15 мин). ЛДФ-зонд фиксировали в области верхней трети переднебоковой поверхности голени. Длительность записи 3 мин, частота дискретизации сигнала 10 Гц. Для анализа периодических процессов в ЛДФ традиционно использовали спектральный анализ на основе преобразования Фурье. Стандартизованная технология выполнения ЛДФ-диагностики позволила более корректно определять особенности микрогемоперфузии в масштабе реального времени, воспроизводить получаемые данные при последующих исследованиях и оценивать их динамику в процессе лазерной терапии. Контролем служили результаты исследования методом ЛДФ

микроциркуляции у 18 здоровых волонтёров, не имевших видимой сосудистой патологии. Клинические результаты лазерной терапии сравнивались с итогами лечения 50 больных УА, получавших лишь традиционную медикаментозную терапию (внутрь: антибиотики, кортикостероиды, НПВС, антигистаминные препараты, йодид калия, ангиопротекторы, а наружно: кортикостероидные мази, компрессы с растворами ихтиола, димексида и т. д.).

Оценка проводилась по следующим категориям: без эффекта, улучшение, значительное улучшение, клиническое излечение.

Клиническое излечение в результате комплексной ЛТ зафиксировано у 87% больных, а значительное улучшение – у 13%. Следует отметить отсутствие каких-либо неприятных ощущений у больных, не выявлено никаких побочных явлений ни в процессе ЛТ, ни по завершении лечебного курса.

На рис. П18 приведены сравнительные результаты традиционной терапии и комплексной лазеротерапии больных УА. Представленные данные убедительно свидетельствуют о выраженной клинической эффективности предложенного комплекса ЛТ.




* Достоверное отличие ($p < 0,05$) эффективности комплексной НИЛТ и традиционной терапии

*Рис. П18.* Сравнительная эффективность традиционной и комплексной лазеротерапии у больных узловатым ангиитом

При изучении микроциркуляции мы определяли показатель микроциркуляции ПМ, среднеквадратичное отклонение, коэффициент вариации, амплитуду (А), частоту вазомоций (F) (по спектру) и вазомоторную активность (ВА). В табл. П4 представлены изучаемые параметры до и после лечения методом комбинированной ЛТ.

При определении уровня базального кровотока у пациентов были получены показатели, схожие с данными контрольной группы, находящимися в пределах нормальных значений, выверенных в результате многочисленных измерений. Отклонения от показателей контрольной группы в виде достоверного увеличения $\delta$ и Kv ($p < 0,05$) указывают на выраженную вариабельность кровотока

*Таблица П4*

**Характеристики микроциркуляции у больных УА в процессе комплексной лазеротерапии**

| Показатель | До лечения (n = 20) | После лечения (n = 20) | Контроль (n = 18) |
|---|---|---|---|
| ПМ (перф. ед.) | 5,21 ± 0,36 | 6,04 ± 0,36* | 5,51 ± 0,18 |
| δ (перф. ед.) | 0,43 ± 0,04* | 0,42 ± 0,04 | 0,26 ± 0,02 |
| Kv | 8,34 ± 0,58* | 7,22 ± 0,34 | 4,89 ± 0,28 |
| Амплитуда вазомоций (А) (по спектру) | 0,49 ± 0,07 | 0,36 ± 0,04 | – |
| Частота вазомоций (F) | 7,35 ± 0,52 | 7,8 ± 0,41 | – |
| Вазомоторная активность (ВА) | 3,13 ± 0,42 | 2,88 ± 0,27 | – |

*Примечание.* * – достоверность отличий с контрольной группой ($p < 0,05$).

у больных УА, что, возможно, связано со сложными и многопрофильными изменениями самих сосудов и характеристик собственно крови.

Следует подчеркнуть, что параметры микроциркуляции весьма изменчивы и зависят от множества факторов, например, от массы тела. У больных была обнаружена зависимость степени активности узловатого ангиита от избытка массы тела, что также могло сказаться на полученных параметрах микроциркуляции. Такие параметры, как среднеквадратичное отклонение, амплитуда медленных волн колебаний, имеют отрицательную корреляцию с массой тела [Бадявин Д.В. и др., 2002]. При сравнении состояния микроциркуляции до и после курса комплексной лазеротерапии у больных УА мы отмечали достоверное увеличение ($p < 0,05$) ПМ, особенно слева, увеличение максимальной частоты вазомоций при незначительном снижении как амплитудных характеристик, так и вазомоторных колебаний. Амплитуда вазомоторных колебаний связана с собственной активностью компонентов микроциркуляторного русла: ритмической активностью эндотелия капилляров, сокращениями прекапиллярных сфинктеров. У больных УА имелись признаки микроангиопатии, в связи с чем компоненты микроциркуляторного русла теряли способность к активному сокращению. Тенденция к снижению вазомоторной активности, выявленная у больных УА, после курса лазеротерапии свидетельствует о недостаточной работе прекапиллярных сфинктеров, направляющих кровоток по нутритивным путям. Эффективность комплексной ЛТ мы связываем с тем, что использование НИЛИ красного и инфракрасного спектра может приводить к расширению микрососудов венулярного аппарата, увеличению линейного кровотока и усилению перфузии микроциркуляторного русла.

Учитывая разную степень активности кожного процесса при поступлении в стационар, мы попытались проанализировать зависимость состояния микроциркуляции от степени активности процесса.

Таким образом, были выявлены особенности микроциркуляции у больных УА в зависимости от степени активности кожного процесса. У больных со

второй (высокой) активностью кожного процесса фиксировали достоверные отличия параметров микроциркуляции по сравнению с больными УА с низкой (I) степенью активности кожного процесса. При I степени активности δ и Kv были ниже, чем у больных II группы, что указывает на меньшую вариабельность перфузии при более выраженных патологических изменениях у больных. Амплитуда вазомоций при высокой (II) степени активности процесса была достоверно ($p < 0,05$) ниже, чем при низкой (I) степени активности УА, а частота вазомоций при II степени была достоверно ($p < 0,05$) выше, чем при низкой (I) активности процесса. Полученные данные можно объяснить тем, что при II степени активности более выражены как местные воспалительные явления, так и часто отмечается фибриллитет, а в ряде работ было доказано, что при повышении температуры кожи амплитуда колебаний кровотока уменьшается, а частота возрастает [Braverman I.M., 1995].

Вазомоторная активность у больных со II степенью активности кожного процесса была ниже, чем в контрольной группе и у больных с I степенью активности ($p < 0,05$). Сравнивая параметры микроциркуляции у больных УА с разной активностью процесса до и после курса ЛТ, мы получили достоверное увеличение ПМ у больных с I степенью активности процесса, увеличение максимальной частоты вазомоций при снижении её амплитудных характеристик (табл. П5).

*Таблица П5*

**Состояние микроциркуляции в зависимости от начальной степени активности кожного процесса**

| Показатель | Контроль | До лечения | | После лечения | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | I степень (n = 11) | II степень (n = 10) | I степень (n = 11) | II степень (n = 10) |
| ПМ (перф. ед.) | 5,51 ± 0,18 | 5,21 ± 0,3 | 5,21 ± 0,42 | 6,32 ± 0,29** | 5,7 ± 0,43 |
| δ (перф. ед.) | 0,33 ± 0,05 | 0,42 ± 0,04 | 0,36 ± 0,05* | 0,52 ± 0,06** | 0,45 ± 0,09 |
| Kv | 4,89 ± 0,28 | 9,63 ± 0,5 | 6,76 ± 0,44* | 7,82 ± 0,65** | 6,48 ± 0,44 |
| Амплитуда вазомоций (A) | – | 0,55 ± 0,07 | 0,29 ± 0,03* | 0,41 ± 0,03 | 0,33 ± 0,02* |
| Частота вазомоций (F) | – | 6,09 ± 0,38 | 9,00 ± 0,54* | 8,00 ± 0,5 | 7,22 ± 0,41 |
| Вазомоторная активность (ВА) | – | 3,82 ± 0,48 | 2,29 ± 0,16* | 3,26 ± 0,3 | 2,42 ± 0,12* |

*Примечание.* * – достоверность отличий групп с I и II степенью активности УА по критерию t ($p < 0,05$); ** – достоверность отличий до и после комплексной ЛТ ($p < 0,05$) по критерию t.

Вазомоторная активность у больных I группы до лечения находилась в пределах нормальных значений, и после курса терапии достоверных изменений её отмечено не было. Следовательно, у больных с I степенью активности процесса наблюдалось увеличение перфузии в целом, в том числе в капиллярном кровотоке. У больных со II степенью активности процесса до и после

курса терапии наблюдается некоторый прирост показателя микроциркуляции, но он недостоверен ($p > 0,05$). Если при I степени активности частота возомоций растет на фоне ЛТ, то при II степени имеется тенденция к снижению. Вазомоторная активность при II степени активности УА осталась на прежнем низком уровне, что может быть обусловлено более глубокими патологическими сдвигами у больных с высокой активностью процесса.

Обобщая полученные в процессе исследований результаты, следует указать, что действие НИЛИ зависит от исходного структурно-функционального состояния микроциркуляторного русла. У больных с низкой (I) активностью процесса УА после ЛТ отмечается повышение ПМ ($p < 0,05$) и улучшение микроциркуляции, возможно, связанное с более сохранными механизмами регуляции кровотока, и сочетается с выраженным уменьшением болей в нижних конечностях, уменьшением отёчности ног и повышением работоспособности.

Таким образом, при I степени активности процесса компенсаторные возможности микроциркуляторного русла представляются более сохранными, чем при II степени активности процесса.

Как было указано выше, тяжесть, активность кожного процесса часто связана с наличием заболеваний сосудов венозного русла. Нами были получены данные, свидетельствующие о более глубоких нарушениях микроциркуляции у больных УА при варикозном симптомокомплексе. У подобных пациентов выявлены достоверно большие значения ПМ ($p < 0,05$) при наличии варикозного симптомокомплекса, однако, с одной стороны, чем выше параметр ПМ, тем выше уровень перфузии тканей, с другой – высокий показатель ПМ может быть сопряжён с явлениями застоя крови в венулярном звене микроциркуляторного русла. У больных с варикозным симптомокомплексом наблюдаются явления застоя крови в венулах, нарушается венозный отток, также может наблюдаться ретроградный ток крови в посткапиллярные отделы микроциркуляторного русла, при этом его компоненты теряют способность активно сокращаться.

На фоне ЛТ у больных УА без варикоза $\delta$ достоверно повышалось ($p < 0,05$), что может свидетельствовать об улучшении функционирования механизмов модуляции тканевого кровотока. После ЛТ Kv у больных с варикозной болезнью достоверно возрастает ($p < 0,05$), что может говорить о выраженной вазомоторной активности микрососудов, так как Kv непосредственно зависит от соотношения метаболической, симпатической и парасимпатической регуляции микроциркуляции крови. У больных УА с варикозным симптомокомплексом после курса лазеротерапии нами отмечено увеличение максимальной частоты вазомоций при снижении её амплитудных характеристик, снижение вазомоторной активности.

Установлена диагностическая и прогностическая важность изучения микроциркуляторных нарушений у больных УА. На основе изучения микроциркуляции подтверждена необходимость определения степени активности кожного процесса для выбора адекватной терапии: ЛТ наиболее эффективна при

I степени активности процесса, а для II степени активности УА целесообразны повторные курсы ЛТ и/или медикаментозная терапия. Изучение микроциркуляции позволило выявить глубокую взаимосвязь между тяжестью кожного процесса и сопутствующей патологией венозных сосудов. Предложена комплексная ЛТ, включающая наружное воздействие импульсными красными лазерами с длиной волны 635 нм, обработку очагов, сегментарные воздействия, на проекции крупных сосудов, которая явилась высокоэффективным методом лечения больных УА, приводящим не только к исчезновению местной и общей симптоматики, но и к улучшению микроциркуляции.

## *Лазерная терапия матричными импульсными лазерами красного спектра (635 нм) в неврологии (соавт. А.В. Кочетков)*

Для неврологической практики значительный интерес представляет сочетанное применение цереброактивных препаратов и воздействие НИЛИ у больных с острым нарушением мозгового кровообращения (ОНМК). Восстановление на фоне воздействия НИЛИ микроциркуляции в очаге поражения позволяет на порядок улучшить фармакодинамику лекарственных средств и обеспечить доступ препарата (отсутствующий в силу имеющихся нарушений в гемодинамических процессах) непосредственно к нужному участку головного мозга. Нами в течение длительного времени успешно применяется следующая методика: в/в введение цереброактивного препарата (церебролизин, ноотропил, кавинтон и т. д.), затем через 20–30 мин (на пике концентрации препарата в мозге) проводится надартериальное воздействие (АЛТ «Матрикс», «Лазмик», импульсная матричная лазерная излучающая головка МЛ01КР (МЛ-635-40), длина волны 635 нм, мощность максимальная 30–40 Вт, частота 80 Гц, на синокаротидную зону, по 2 мин на каждую сторону). В данном случае возможно ежедневное применение НЛОК до 10 сеансов [Кочетков А.В. и др., 2012].

Предполагается также, что в связи с повышением на фоне лазерного освечивания проницаемости гематоэнцефалического барьера (ГЭБ) в зоне, перенёсшей ишемию (или другое повреждение – геморрагию, травму и т. д.), активируется, в частности, клеточный метаболизм. Показано, что внутривенное лазерное освечивание крови (635 нм, 1,5–2 мВт, 15 мин), применяемое в комплексном лечении больных гнойным бактериальным менингитом, позволяет повысить проницаемость ГЭБ для антибактериальных препаратов [Воробьев С.В., 2005]. Вне всяких сомнений внутривенный способ можно заменить на НЛОК матричной лазерной излучающей головкой красного спектра (635 нм) по представленной выше методике (мощность 30–40 Вт, частота 80 Гц, на синокаротидную зону, по 2 мин на каждую сторону).

Матричные импульсные красные лазеры достаточно эффективно применяются для лечения больных с ишемическим острым нарушением мозгового

кровообращения (ОНМК). Перед назначением лазерной терапии нужно внимательно ознакомиться с перечнем показаний и противопоказаний применения данного неинвазивного метода ЛТ [Горбунов Ф.Е. и др., 2003; Кочетков А.В. и др., 2012], в первую очередь исключить геморрагические поражения. Для этого больные должны быть госпитализированы в стационары, где имеется возможность сразу сделать компьютерную томографию мозга, которая является международным стандартом при постановке диагноза «инсульт». Курсовое надартериальное применение импульсного НИЛИ с длиной волны 635 нм на проекцию общей сонной артерии (ОСА, в синокаротидной зоне) и позвоночных артерий (ПА, в субокципитальной зоне) сопровождается клинически значимой редукцией ведущих симптомов цереброваскулярной недостаточности. Получены данные о более высокой гемодинамической эффективности надартериальной лазеротерапии импульсным НИЛИ с длиной волны 635 нм по сравнению с 890–904 нм, при этом матричные лазерные излучающие головки оказались эффективнее, чем с одиночными лазерами [Космынин А.Г., 2005; Кочетков А.В., 1998; Кочетков А.В. и др., 1999, 1999(1)].

Нами также показана высокая эффективность ЛТ импульсным НИЛИ красного спектра (635 нм) на стационарном этапе реабилитации больных церебральным инсультом (ЦИ) при различной природе, тяжести и локализации очага поражения мозга на фоне окклюзирующего поражения МАГ [Кочетков А.В., Москвин С.В., 2004]. Восстановительный период лечения инсульта включает наряду с медикаментозной терапией также другие методы реабилитации: кинезотерапия, включая ЛФК, массаж, электростимуляция нервно-мышечного аппарата и др. [Кочетков А.В. и др., 2012].

В исследовании приняли участие 22 больных (19 мужчин, средний возраст 58,7 года) с преимущественным поражением МАГ и сосудов мозга вследствие атеросклероза и артериальной гипертензии. Все больные в анамнезе перенесли ОНМК. Критерием отбора было отсутствие окклюзии МАГ, антероградный кровоток по ним (по данным УЗДГ экстракраниальных отделов), срок после последнего ОНМК не менее 3 мес. Доплеросонография выявила наличие гемодинамически значимого стеноза (ГЗС) ОСА у 3 больных, ГЗС ПА – 6, множественный характер ГЗС МАГ – 4, менее выраженные нарушения артериального притока (дефицит, недостаточность с асимметрией не менее 30%) – в остальных случаях. Признаки неполного рекрутирования соединительных артерий (СО) виллизиева круга (разобщение по задним СО) были у 4 больных.

Курсовое надартериальное применение импульсного НИЛИ с длиной волны 635 нм (АЛТ «Матрикс», излучающая головка ЛОК2 с зеркальной насадкой, мощность 5 Вт, частота 80 Гц) на проекцию ОСА (в синокаротидной зоне) и ПА (в субокципитальной зоне) сопровождалось клинически значимой редукцией ведущих симптомов цереброваскулярной недостаточности – цефалгий, головокружения, церебрастенических когнитивных и психовегетативных расстройств, в меньшей степени регрессировали очаговые симптомы. По данным УЗДГ отмечали развитие коллатерального кровообращения 14 (70%) больных

за счёт улучшения функционального состояния и/или включения экстраинтракраниальных (12) и интракраниальных (2) механизмов перетока. Компрессионные и лазерные тесты диагностики церебрального гемодинамического резерва (ЦГР) показали его развитие у 17 (85%) больных уже через 10–12 процедур, но только в бассейнах тех МАГ, которые не были затронуты ГЗС ($p < 0,001$). Полученные данные свидетельствуют о более высокой гемодинамической эффективности надартериальной лазеротерапии импульсным НИЛИ красной области спектра (635 нм) по сравнению с ИК-спектром (890 нм), так как в последнем случае положительная динамика в виде развития ЦГР и коллатерального кровообращения была достигнута у 50% больных [Кочетков А.В., 1998]. Вместе с тем с учётом различий в развитии ЦГР при надартериальном применении НИЛИ 635 и 890 нм у больных с ГЗС МАГ, прежде всего в каротидной системе, имеются важные предпосылки для дифференцированного применения лазеротерапии при различной степени стенозирующего поражения ОСА и ПА. Полученные результаты свидетельствуют о несомненной перспективности дальнейшей разработки методик комбинированного и дифференцированного надартериального применения импульсного НИЛИ с длиной волны 635 и 890 нм при цереброваскулярной патологии.

Наши исследования убедительно доказали, что наилучшим вариантом выбора методики при лечении больных хронической ишемией мозга (ХИМ), ранее определяемой термином «дисциркуляторная энцефалопатия» (ДЭ), является применение импульсных матричных излучателей красного спектра МЛ01КР (635 нм) [Кочетков А.В. и др. 2009; Лейдерман Н.Е., 2010; Лейдерман Н.Е. и др., 2009, 2010].

В амбулаторных условиях ЦП № 1 МВД России г. Москвы проведено комплексное обследование и лечение 102 больных от 49 до 70 лет (средний возраст 61,5 года, 33% – мужчины, 67% – женщины) с чёткими клиническими данными ХИМ I–II ст. Критериями исключения больных из исследования были лица старше 70 лет; с длительным анамнезом (более 10 лет) или выраженной артериальной гипертензией (АД сист. более 160 мм рт. ст., АД диаст. более 95 мм рт. ст.); НК выше I ст.; ИБС со стенокардией напряжения выше II ФК; с клинически выраженными признаками дыхательной, почечной и печёночной недостаточности; сопутствующим сахарным диабетом (СД) в стадии декомпенсации; с заболеваниями щитовидной железы с гипертиреоидной функцией; с выраженными когнитивными расстройствами (уровень менее 24 баллов по шкале MMSE); со стеноокклюзирующими поражениями магистральных артерий головы (МАГ), наличием нестабильных атеросклеротических бляшек, двусторонним и/или сочетанным гемодинамически значимым стенозом (ГЗС) в каротидной системе (КС) и вертебрально-базилярной системе (ВБС).

Все пациенты получали базисную терапию: медикаментозное лечение (вазоактивные, ноотропные, дезагрегантные средства, суховоздушные углекислые ванны (СУВ), температура 33–34 °С, 15–20 мин, через день, 3 раза в

неделю, № 9–11 на курс). Все наблюдаемые пациенты были рандомизированно распределены в 2 группы: основную (52 чел.) и контрольную (50 чел.). Группы были сопоставимы по возрасту, полу, выраженности клинической симптоматики. В 1-й, основной группе (52 чел.) на фоне базисной терапии проводили ЛТ импульсными матрицами 635 нм через день 3 раза в неделю. На курс 9–11 процедур. Во 2-й, контрольной группе (50 чел.) на фоне базисной терапии проводили имитацию воздействия лазерными импульсными матрицами 635 нм без включения аппарата (плацебо-процедуры). Длительность курса лечения в обеих группах составляла 21–22 дня.

ЛТ импульсными матричными излучателями с длиной волны 635 нм проводили последовательно на заднебоковые поверхности шеи в проекцию позвоночных артерий (ПА) и шейных симпатических сплетений (2 поля) по контактной стабильной методике. Лечение осуществляли с использованием матричной излучающей головки МЛ01КР (аппарат лазерной терапии «Матрикс», Научно-исследовательский центр «Матрикс», Россия). Параметры НИЛИ: длина волны 635 нм; частота импульсного воздействия 80 Гц; импульсная мощность 40 Вт (8 лазерных диодов); экспозиция: первая процедура – 2 мин, все последующие – 5 мин/поле. Суммарная экспозиция – до 10 мин. Оценка состояния больных проводилась до и после лечения по единому диагностическому алгоритму, включающему клинико-неврологическое обследование и дополнительные методы исследования: для верификации диагноза проведено нейровизуализационное обследование (по показаниям КТ или МРТ головного мозга); для оценки степени выраженности когнитивного дефицита и исключения деменции использовалась шкала Mini-mental-state examination (MMSE) [Folstein M.F. et al., 1975].

Оценка актуального психического состояния проводилась при помощи шкал: шкала для оценки индекса общего психологического благополучия (ИОПБ) [Dupuy H.J., 1984]; опросник депрессии Бека [Beck A.T. et al., 1961]; шкала оценки реактивной и личностной тревожности Спилбергера–Ханина [Spielberger C.D. et al., 1970; Ханин Ю.Л., 1976]. Для исследования состояния вегетативной нервной системы использовалась анкета для выявления вегетативной дисфункции (АВД) [Вейн А.М., 2003]; проводилось определение вегетативного индекса Кердо (ВИК) [Kérdö I., 1966]; применялся метод кардиоинтервалографии (КИГ) [Баевский Р.М. и др., 1984; Баевский Р.М., Иванов Г.Г., 2001].

Состояние микроциркуляции оценивалось методом конъюнктивальной бульбоангиоскопии, выполняемой на щелевой лампе Inami (Япония). Для оценки состояния мозгового кровообращения использовалось ультразвуковое исследование: ультразвуковая доплерография (УЗДГ) и дуплексное сканирование (ДС) экстракраниальных отделов МАГ, транскраниальная доплеросонография (ТКД) на аппарате «Philips SD-800». Для оценки паттерна ЦГ проводилось определение линейных скоростей кровотока (ЛСК) в МАГ, индекса пульсации Гослинга (PI) в них, для оценки состояния церебрального гемодинамического

резерва (ЦГР) использовали функциональную гиперкапническую пробу с определением коэффициента реактивности Кр+ [Никитин Ю.М., 1998].

Статистическая обработка результатов проводилась методами вариационной статистики с проверкой значимости результатов по критерию Стьюдента с заданной вероятностью, равной 95%, а также непараметрических критериев Манна–Уитни, хи-квадрат и Фишера. Вычисления проводились на PC с использованием программы BIOSTAT. Различия оценивались как достоверные начиная со значения $p < 0,05$. Все показатели в работе представлены как среднее ± стандартное отклонение ($M \pm \sigma$).

Проведено комплексное обследование и лечение 102 больных от 49 до 70 лет (средний возраст 61,5 года, 33% – мужчины, 67% – женщины) с ХИМ I–II ст. Длительность течения ХИМ составляла от 3 до 12 лет. Этиологическими факторами развития хронической сосудисто-мозговой недостаточности у 79 (77,4%) больных было атеросклеротическое поражение МАГ, а у 23 (22,5%) – сочетание атеросклероза и АГ. Анализ выраженности клинико-неврологической симптоматики показал, что у 35 (34,3%) больных была ХИМ I стадии, у 67 больных (65,6%) – II стадии.

Клинико-инструментальные признаки сопутствующей ИБС I ФК были отмечены у 29 (28,4%) больных, из которых 14 (13,7%) перенесли мелкоочаговый инфаркт миокарда. Клинико-ангиологические и ультразвуковые признаки одно- или двустороннего атеросклеротического поражения артерий нижних конечностей были выявлены у 15 (14,7%) больных. Клинико-лабораторные признаки компенсированного СД 2-го типа отмечались у 9 (8,8%) больных. Выявлялись и другие сосудистые факторы риска: отягощённый семейный анамнез по сердечно-сосудистым заболеваниям (78%); гиперхолестеринемия (69%); курение (28%); 22 (21,5%) больных в анамнезе перенесли транзиторные ишемические атаки (ТИА) без грубого остаточного неврологического дефицита. Время, прошедшее после эпизода ТИА, составляло не менее 3 недель.

На момент отбора и распределения в группы ведущими в клиниконеврологической картине у всех больных были когнитивные и психоэмоциональные нарушения. Пациенты предъявляли жалобы на головную боль (92%), головокружение (74%), снижение памяти (84%), раздражительность, тревожность (83%), нарушение сна (76%), повышенную утомляемость (82%), нарушение концентрации внимания, нарушение восприятия и воспроизведения новой информации (78%). Основными характеристиками изменений эмоционально-волевой сферы были пониженное настроение, мнительность, вспыльчивость, затруднение перемены психических установок, что оказывало негативное влияние на качество жизни больных.

У пациентов с ХИМ I ст. нарушения в неврологическом статусе носили субсиндромальный характер. Выявлена рассеянная микроочаговая неврологическая симптоматика в виде недостаточности конвергенции (5 больных), лёгкой асимметрии носогубных складок (8), девиации языка (3), анизорефлексии (9), нарушений координации (6).

У пациентов с ХИМ II ст. синдром вертебрально-базилярной недостаточности (ВБН) диагностирован в 52 (78,8%) случаях. Синдром каротидной недостаточности (КН) определён у 12 (16,7%) больных. Сочетанное поражение было выявлено у 3 (4,5%) больных II ст. Клинически синдром ВБН проявлялся вестибулярно-атактическими расстройствами у 48 больных, недостаточностью глазодвигательной иннервации – у 36, краниальной и бульбарной иннервации – у 8, проводниковыми пирамидными двигательными и чувствительными нарушениями – у 10. Синдрому КН соответствовало наличие лёгкой пирамидной недостаточности или нарушений чувствительности по гемитипу – у 3 больных, начальных признаков амиостатического синдрома – у 4, псевдобульбарного синдрома – у 4. У 58% больных диагностирован вертеброгенный синдром шейного и верхнегрудного уровня, у 6% – компрессионная радикулопатия $C_5$–$C_7$. Динамика выраженности болевых ощущений оценивалась по визуально-аналоговой шкале (ВАШ). В двигательной сфере наблюдались ограничение объёма движений в шейном отделе позвоночника, сглаженность шейного лордоза, асимметрия высоты стояния плечевого пояса, напряжение отдельных мышечных групп шеи и конечностей. Вертеброгенный характер поражения подтверждался данными функциональной рентгенографии, КТ или МРТ. У 48 больных, по данным МРТ головного мозга, выявлены очаговые изменения сосудистого генеза, перивентрикулярный и/или субкортикальный лейкоареоз. По данным теста MMSE, степень когнитивных нарушений у 58% исследуемой категории больных соответствовала синдрому умеренных когнитивных расстройств (24–27 баллов по шкале). При оценке депрессивного фона по опроснику Бека: лёгкий уровень депрессии выявлен у 32% пациентов, умеренная депрессия – у 68% больных. При оценке выраженности тревожных проявлений по шкале Спилбергера–Ханина выявлено их повышение практически у всех обследуемых до лечения. Состояние среднего уровня реактивной и личностной тревожности наблюдалось в 53% случаев, в остальных 47% случаев выявлен высокий уровень тревожности. При оценке качества жизни по ИОПБ до лечения отмечено его значительное снижение – на 46% от уровня нормальных показателей ($p < 0,05$). Наиболее сниженными были показатели оценки по доменам «общее здоровье», «жизненная энергия», «эмоциональное благополучие». В обследованной группе больных ХИМ были выявлены признаки вегетативной дисфункции. По АВД сумма баллов, в норме равная 15, до лечения составила в среднем 42,8 ± 5,5 балла. Оценка вегетативного тонуса по индексу Кердо показала наличие вегетативного дисбаланса, увеличение функциональной активности симпатико-адреналовой системы у больных ХИМ. Среднее значение ВИК составило 15,7 ± 1,9. По данным КИГ, до лечения также преобладало усиление симпатических влияний. Гиперсимпатикотония наблюдалась у 52% больных, симпатикотония – у 36% больных, ваготония в 7% и нормотония в 5% случаев соответственно. Преобладание повышенного тонуса симпатической нервной системы указывало на напряжение адаптационно-приспособительных реакций организма у больных ХИМ.

У обследованных больных исходно при конъюнктивальной биомикроскопии нарушения микроциркуляции проявлялись увеличением извитости микрососудов, зернистости кровотока и наличием агрегаций по типу сладж-феномена («пунктирный кровоток»), образованием участков очагового венозного стаза и зон, где густеет кровь. По данным УЗДГ, ДС и ТКД были выявлены следующие основные признаки нарушения церебральной гемодинамики: наличие ГЗС (>60%) у 8 больных в зоне бифуркации общей сонной артерии (ОСА) или в устье внутренней сонной артерии (ВСА), у 16 – в экстракраниальных отделах ПА; снижение ЛСК по ОСА/ВСА и ПА – в 84% случаев; наличие значимой асимметрии ЛСК между сторонами КС и ВБС – в 49% случаев; увеличение значений PI по МАГ – в 85% случаев; снижение ЦВР (по Кр+) – в 53% наблюдений; наличие признаков венозной дисциркуляции – у 57% больных.

Отмечена хорошая переносимость процедур лазерной терапии у всех больных и выраженный комплайенс (90%). В целом позитивно оценили результаты лечения и отметили улучшение общего состояния 49 человек (94%) в основной группе и 27 человек (54%) в контрольной группе, что достоверно ниже по сравнению с основной группой (хи-квадрат, $p < 0,01$).

Отрицательного эффекта (ухудшения состояния пациентов) не отмечено. В ряде случаев однократная процедура лазеротерапии сопровождалась развитием седативного эффекта, уменьшением или исчезновением головных болей, а также гипотензивным эффектом при сопутствующей мягкой форме АГ – снижением систолического (на 8–10 мм рт. ст.) и диастолического АД (на 5–7 мм рт. ст.).

В процессе лечения субъективная симптоматика у пациентов основной группы регрессировала достоверно быстрее и значительнее, чем в контрольной группе ($p < 0,01$, по критерию хи-квадрат), рис. П19.

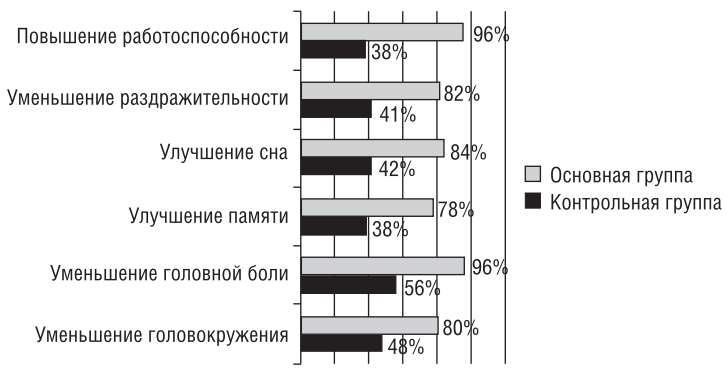



*Рис. П19.* Динамика основных неврологических симптомов после курса ЛТ больных ХИМ (Лейдерман Н.Е., 2010)

Наибольший клинический эффект после курса лазерной терапии проявлялся в уменьшении головных болей, выраженности астенического синдрома и

нарушений сна. Также отмечено улучшение состояния церебральных функций, прежде всего в виде регресса умственной усталости, улучшения памяти и концентрации внимания. Субъективный клинический эффект терапии у большинства пациентов проявлялся к 5–7-й процедуре и к концу лечения стабилизировался. Пациенты основной группы в большей степени отмечали повышение энергичности, улучшение общего физического состояния. Снижалась степень фиксации на негативных эмоциях, плохом самочувствии.

В отличие от контрольной, в основной группе в значительно большей степени отмечен регресс болевого синдрома в области шейного отдела позвоночника (табл. П6). Это сопровождалось уменьшением скованности мышц плечевого пояса, устранением мышечного гипертонуса, парестезией верхних конечностей, увеличением объёма движений в шейном отделе позвоночника.

*Таблица П6*

**Динамика вертеброгенного болевого синдрома после курса ЛТ у больных ХИМ по ВАШ**

| Параметр | Основная группа | | Контрольная группа | |
|---|---|---|---|---|
| | До лечения | После лечения | До лечения | После лечения |
| Баллы по ВАШ, см | 6,3 ± 2,5 | 2,2 ± 0,9*^ | 6,5 ± 1,9 | 4,3 ± 0,8* |

*Примечание.* * – достоверные различия по отношению к исходным результатам ($p < 0,05$); ^ – достоверные различия между группами ($p < 0,05$).

К концу курса лечения у пациентов основной группы наблюдалась также более выраженная динамика очаговой неврологической симптоматики по сравнению с контрольной. Наибольшему регрессу подвергались глазодвигательные нарушения, дефицит VII и XII пар черепно-мозговых нервов, нарушение координации, кохлеарные, атактические расстройства. Уменьшение выраженности ведущих стволово-мозжечковых симптомов из 28 больных с синдромом ВБН в основной группе было отмечено у 26 (92,8%), а в группе контроля – из 27 больных у 14 (51,8%), что достоверно ниже по сравнению с основной группой (хи-квадрат, $p < 0,05$*)*. Динамика экстрапирамидных и пирамидных псевдобульбарных симптомов была незначительной и недостоверной.

В целом объективная положительная динамика неврологического статуса наблюдалась у 43 (82%) больных в основной и у 19 (38%) в контрольной группе, что достоверно ниже по сравнению с основной группой (хи-квадрат, $p < 0,05$*)*. Улучшение психоэмоционального статуса больных после лечения выражалось в снижении эмоциональной лабильности, улучшении настроения.

У пациентов основной группы достоверно нормализовалось эмоциональное состояние, по данным опросника Бека. В контрольной группе пациентов показатели проявления депрессии также уменьшались, но эти изменения были недостоверны (табл. П7).

*Таблица П7*

**Динамика симптомов депрессии по опроснику Бека у больных ХИМ после курса ЛТ**

| Группа обследованных | Средний балл | |
|---|---|---|
| | До лечения | После лечения |
| Основная | 27,2 ± 2,5 | 18,9* ± 2,9 |
| Контрольная | 28,1 ± 3,1 | 26,3 ± 2,9 |

*Примечание.* * – достоверные различия по отношению к исходным результатам ($p < 0,05$).

При анализе влияния лечения на качество жизни пациентов установлена достоверная положительная динамика по ИОПБ. В группе больных, получавших курс ЛТ, практически все показатели ИОПБ были выше, чем в группе плацебо.

Наиболее значимые сдвиги выявлены по шкалам, характеризующим эмоциональное благополучие (на 46%, $p < 0,01$), общее состояние здоровья (на 35%, $p < 0,01$), жизненную энергию (на 40%, $p < 0,01$). Среднее значение ИОПБ после лечения составило 82,5 ± 6,5 балла в основной и 65,5 ± 7,5 балла – в контрольной группе, что достоверно ниже, чем в основной группе ($p < 0,05$). Таким образом, проведённые исследования отражают высокую эффективность применения импульсных матриц красного спектрального диапазона в коррекции эмоционально-аффективных расстройств, что, несомненно, значимо и для стабилизации когнитивных функций. По завершении курса лечения в первой группе отмечалось достоверное уменьшение признаков вегетативной дистонии по АВД (на 55,3%), а в контрольной группе – на 24,7%. Выявлено статистически значимое уменьшение абсолютной величины ВИК в основной группе, что отражало тенденцию к восстановлению вегетативного баланса (рис. П20).

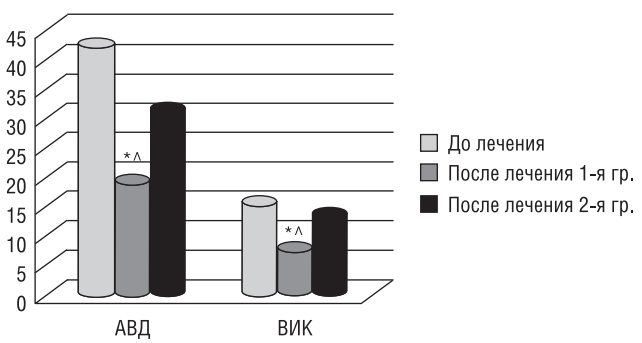



*Рис. П20.* Динамика значений вегетативных показателей после курса ЛТ у больных ХИМ: *^ – достоверные различия по отношению к исходным результатам и между группами ($p < 0,05$) (Лейдерман Н.Е., 2010)

По данным КИГ, в основной группе отмечено уменьшение количества больных с гиперсимпатикотонией, увеличение числа больных с нормотонией (рис. П21).

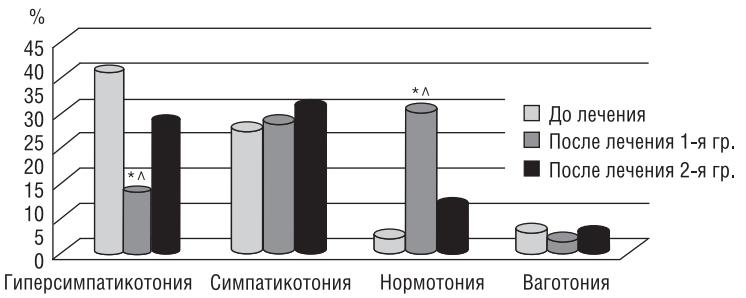



*Рис. П21.* Динамика показателей по данным кардиоинтервалографии после курса ЛТ у больных ХИМ: *^ – достоверные различия по отношению к исходным результатам и между группами ($p < 0,05$) (Лейдерман Н.Е., 2010)

Таким образом, сегментарное воздействие импульсными лазерными матричными излучателями с длиной волны 635 нм оказывает нейродинамический отклик системного характера, выражающийся в изменении функционального состояния нервной системы и коррекции вегетативного статуса. Показано нормализующее влияние ЛТ на симпатоадреналовую систему: вегетативный гомеостаз изменился в сторону уменьшения симпатической активности, что способствует торможению вазоконстрикторных эффектов спинальной стимуляции.

В процессе лечения в основной группе отмечены положительные сдвиги в системе микроциркуляции по данным бульбоангиоскопии. Однократное воздействие НИЛИ сопровождалось повышением интенсивности капиллярного кровотока, дилатацией артериол. К окончанию курса лечения отмечено значимое положительное влияние ЛТ на систему микроциркуляторного русла. Редуцировали основные компоненты нарушения микроциркуляции: внутрисосудистый – отмечен регресс эритроцитарных агрегатов, снижение зернистости кровотока; экстравазальный – в виде снижения периваскулярного отёка, застойных явлений; а также сосудистый, проявлявшийся развитием капиллярного русла в бессосудистых зонах, т. е. неоваскулогенезом. В результате снижение конъюнктивального индекса (КИ), отражающего степень нарушений микроциркуляции, в основной группе произошло в среднем на 35,4% ($p < 0,05$). В контрольной группе отмечена тенденция к улучшению микроциркуляции, но динамика КИ была недостоверной (рис. П22).

УЗДГ-исследование после лечения выявило более значимую динамику показателей ЦГ в основной группе в сравнении с контрольной. Отмечено улучшение скоростных показателей кровотока в системе ОСА/ВСА в 54% случаев (в контроле – 34%, $p < 0,05$) и ПА – в 82% (в контроле – 35%, $p < 0,05$).

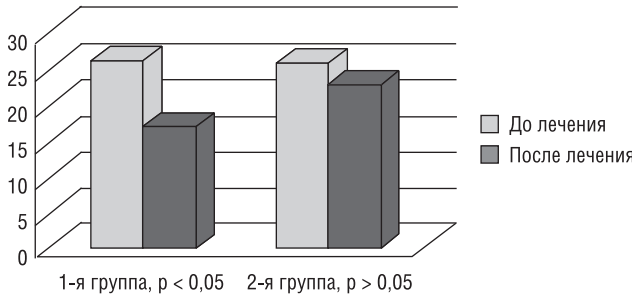



*Рис. П22.* Динамика конъюнктивального индекса после курса ЛТ у больных ХИМ по критерию хи-квадрат (Лейдерман Н.Е., 2010)

Исчезновение или уменьшение асимметрии ЛСК между сторонами КС и ВБС наблюдалось в 59% случаев в основной группе и в 21% в контрольной группе ($p < 0,05$). ЛТ сопровождалась артериодилатирующим эффектом. Снижение исходно повышенного PI в бассейне средней мозговой артерии (СМА) в основной группе произошло в среднем на 10,5% ($p < 0,05$, по критерию U), а в контроле – на 1,3% ($p > 0,05$); в бассейне основной артерии (ОА) – на 9,4% в основной группе ($p < 0,05$) и на 1,1% – в контрольной ($p > 0,05$). В 62% случаев в основной группе и в 28% случаев в контрольной отмечено уменьшение венозной дисциркуляции ($p < 0,05$, по критерию хи-квадрат).

Сравнение показателей ЦГ в исходном уровне и после лазерных воздействий позволило количественно оценить цереброваскулярную реактивность (ЦВР), отражающую адаптационные возможности системы мозгового кровообращения. У пациентов с ХИМ I–II ст. реактивность сосудов мозга на фоне воздействий ЛТ оказывалась достаточной для увеличения ЦГР (рис. П23).

*Рис. П23.* Динамика показателей цереброваскулярной реактивности после курса ЛТ у больных ХИМ (Лейдерман Н.Е., 2010)

В основной группе больных наблюдалось статистически значимое увеличение Кр+, что свидетельствовало о повышении резерва вазодилатации резистивных сосудов и улучшении ауторегуляторных возможностей мозгового кровотока. К окончанию курса лечения выявлены признаки развития коллатерального кровообращения: активация перетока по передней и задней соединительным артериям, глазному анастомозу у 29 (56%) пациентов в основной группе и только у 7 (14%) – в контрольной ($p < 0,05$).

Полученные результаты свидетельствуют о стимулирующем влиянии данного вида лазерного воздействия (тип излучателей, локализация) на состояние сосудистого мозгового резерва, увеличение его дилатационного компонента и повышение толерантности головного мозга к ишемии и гипоксии.

Проведённые исследования показывают общую гомеостатическую направленность в реализации лечебных эффектов красного импульсного лазерного излучения. Клинические эффекты сегментарных воздействий лазерных матриц на паравертебральные зоны шейного отдела позвоночника у больных с ранними формами дисциркуляции мозгового кровообращения сопровождаются снижением афферентной возбудимости, изменением межнейронной проводимости, что ведёт к снижению тонуса сосудистой стенки. Воздействуя на зону шейных симпатических сплетений и ПА, лазерное излучение способно влиять на нервный механизм регуляции мозгового кровообращения, на его васкулярный механизм (фотоиндуцированная дилатация артериол, стимуляция продукции эндотелиальных релаксирующих факторов) и на механизмы долгосрочной адаптации в виде неоваскулогенеза. Наблюдаемый значительный регресс болевого и мышечно-тонического синдрома шейного уровня способствует снижению вертеброгенного влияния на ПА, улучшению венозного оттока и устранению мозговой дисциркуляции.

По данным катамнестического наблюдения, в течение года клинический эффект после курса лечения был наиболее стойким в основной группе и прослеживался в течение 6–8 месяцев, а в контрольной – в течение 3–4 месяцев ($p < 0,05$ по критерию Фишера). Отдалённые клинические результаты (наблюдение в течение 24 мес.) показали, что сочетание медикаментозной терапии с повторными курсами лечения по разработанной программе (лазеротерапия, суховоздушные углекислые ванны) позволило в основной группе снизить частоту развития ОНМК в 2,5 раза по сравнению с контрольной ($p < 0,05$).

Таким образом, по клинико-неврологическим данным, подтверждённым катамнестическими наблюдениями, отмечается существенное повышение эффективности лечения после курса лазеротерапии, длительная устойчивость достигнутых результатов лечения, и можно сделать следующие выводы.

1. По данным развернутого клинико-инструментального исследования больных ХИМ I–II ст., наряду с очаговой неврологической симптоматикой в значительной степени представлены вегетативная дисфункция по типу гиперсимпатотонии, когнитивные и эмоционально-аффективные нарушения, снижающие качество жизни больных.

2. ЛТ импульсными лазерными матричными излучателями с длиной волны 635 нм эффективно способствует регрессу клинико-неврологической симптоматики, восстановлению когнитивных функций, уменьшению церебрастенических и тревожно-депрессивных проявлений, сопровождается вегето-корригирующим эффектом с восстановлением механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы.
3. Данная методика ЛТ сопровождается преимущественным регрессом стволово-мозжечковой дисфункции, чему соответствует более выраженное клинико-гемодинамическое улучшение при синдроме вертебрально-базилярной недостаточности по сравнению с каротидной.
4. ЛТ импульсными лазерными матричными излучателями с длиной волны 635 нм больных ХИМ I–II ст. оптимизирует параметры мозгового кровообращения, что проявляется как в отдельности, так и в сочетании с артериодилатирующим и/или венотоническим эффектами, активацией артериального коллатерального кровообращения и повышением адаптационных возможностей церебральной гемодинамики (по данным ЦГР).
5. По данным конъюнктивальной биомикроскопии, ЛТ вызывает эффект системной активации микроциркуляции, что проявляется в виде преимущественного регресса внутрисосудистых, но также и периваскулярных нарушений и стимуляции неоваскулогенеза [Соловьёва Э.Ю. и др., 2007].
6. По непосредственным и отдалённым результатам комплексного лечения с включением медикаментозной, бальнео- и лазерной терапии импульсными лазерными матричными излучателями с длиной волны 635 нм отмечается достоверный профилактический эффект изучаемого фактора в отношении прогрессирования цереброваскулярной недостаточности: удлинение срока ремиссии и предупреждение развития ОНМК.

Практические рекомендации по реализации методики лазерной терапии больных ХИМ:

1. Наряду с клинико-неврологической оценкой специалистом диагностический процесс у больных ХИМ I–II ст. на амбулаторном этапе (а не только на стационарном, как это проводится в настоящее время) целесообразно сопроводить развёрнутым УЗИ мозгового кровообращения, включающим УЗДГ, ДС и ТКД.
2. Функциональная гиперкапническая проба (ФГП) позволяет не только оценить резервы в системе церебральной гемодинамики, но и спрогнозировать эффективность ЛТ. В таком случае ФГП выступает в роли предиктора эффективности ЛТ.
3. Курс ЛТ импульсными лазерными матричными излучателями с длиной волны 635 нм (АЛТ «Матрикс» или «Лазмик») целесообразно проводить больным ХИМ с сопутствующими клиническими проявлениями вертеброгенного синдрома и компрессионной радикулопатии. Это сопровождается регрессом болевых и мышечно-тонических нарушений.

4. Параметры методики ЛТ импульсными лазерными матричными излучателями с длиной волны 635 нм: локализация воздействия на заднебоковые поверхности шеи последовательно (2 поля), частота 80 Гц; импульсная мощность 40 Вт; экспозиция (1-я процедура – 2 мин, 2-я и все последующие – 5 мин/поле), суммарная – до 10 мин; методика воздействия контактная, стабильная.
5. Методику ЛТ импульсными лазерными матричными излучателями с длиной волны 635 нм проводят в положении больного лёжа на спине, что депримирует познотонические рефлексы шейно-грудного уровня. Воздействие проводят последовательно, без временно́го интервала. Интервал между ЛТ и СУВ – в пределах 40–60 мин.
6. ЛТ импульсными лазерными матричными излучателями с длиной волны 635 нм целесообразно проводить на ранней стадии ХИМ – до формирования распространённого и/или выраженного стено-окклюзирующего поражения МАГ, так как в последнем случае все виды ЛТ мало- или неэффективны ввиду гипо-/ареактивности механизмов регуляции церебральной гемодинамики и микроциркуляции.

Противопоказаниями к данному методу лечения являются: узловые формы гиперплазии щитовидной железы, гипертиреоз, доброкачественные опухоли в гинекологии, наличие нестабильных атеросклеротических бляшек в зоне воздействия, период после ТИА до 3 недель.

## *Сравнение эффективности импульсного красного и ИК НИЛИ в лечении хронического обструктивного бронхита*

Хронический обструктивный бронхит (ХОБ) – одна из самых распространённых нозологий в структуре хронических обструктивных заболеваний лёгких. Из всех заболеваний бронхолёгочной системы он является причиной смерти в 80% наблюдений и более чем в 50% случаев – причиной инвалидности. Возраст большинства больных ХОБ не старше 50 лет. ХОБ является причиной инвалидности более половины всех лиц с хроническими неспецифическими заболеваниями лёгких (ХНЗЛ) [Чучалин А.Г., 1998]. Болезнь поражает лиц наиболее трудоспособного возраста и представляет серьёзную медико-социальную проблему.

Больные обструктивным бронхитом вынуждены продолжительное время, а некоторые постоянно, принимать лекарственные препараты. Иногда они отмечают снижение эффективности этих средств, возникновение побочных эффектов. Перечисленные обстоятельства вызывают повышенное внимание к активному внедрению в комплексную терапию заболевания методов немедикаментозного лечения, одним из которых является лазерная терапия.

Известно, что НИЛИ оказывает аналгезирующее, десенсибилизирующее действие, стабилизирует гемодинамику, уменьшает гиперкоагуляционный потенциал крови, улучшает микроциркуляцию и реологические свойства крови,

стимулирует фагоцитоз, способствует активации антиоксидантной системы, обладает противовоспалительным, гипохолестеринемическим, регенераторным, бактерицидным и бактериостатическим эффектом, оказывает иммунокорригирующее действие.

Позитивное воздействие на реологические свойства крови проявляется снижением показателей агрегационной активности тромбоцитов. Лазерное освечивание крови улучшает функциональное состояние системы гемостаза и реологию крови; снижается скорость образования тромбина, тромбопластина и фибриновых нитей; возрастает время общей свёртываемости крови; снижается максимум тромбоцитарных констант тромбоэластограммы и концентрации фибриногена; повышается уровень физиологической активности крови; уменьшается агрегационная способность эритроцитов и тромбоцитов вследствие изменения их физико-химических свойств, в частности повышения отрицательного электрического заряда. Перечисленные позитивные сдвиги способствуют активации микроциркуляции, раскрытию капилляров, коллатералей, улучшению трофики [Никитин А.В. и др., 2000].

НИЛИ красной части спектра (ВЛОК) оказывает также благотворное влияние на гуморальный и клеточный иммунитет. Повышается функциональная активность Т- и В-лимфоцитов, мононуклеарных фагоцитов и нейтрофилов, стабилизируется соотношение местного и гуморального иммунитета. В результате воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения скорость восстановления нормального числа лимфоцитов значительно выше, чем при традиционном лечении. Возрастает содержание IgA, IgG, IgE, IgM, повышаются титры антител к нормальной микрофлоре, концентрация комплемента С3, активируется фагоцитарная активность макрофагов, снижается уровень С-реактивного белка, усиливается бактерицидная активность сыворотки крови и системы комплемента. Возрастает способность Т-лимфоцитов к розеткообразованию, а также ДНК-синтетическая активность лимфоцитов, стабилизируется соотношение субпопуляций Т-хелперов, Т-супрессоров, что способствует повышению функциональной активности В-лимфоцитов и усиливает иммунный ответ [Гейниц А.В. и др., 2012].

Цель исследования – повышение эффективности лечения больных ХОБ за счёт применения метода надвенного лазерного освечивания крови (НЛОК) импульсным НИЛИ красного спектра и сравнение эффективности этого режима с непрерывным лазерным излучением и импульсным ИК НИЛИ. Основные данные исследований были опубликованы ранее [Москвин С.В. и др., 2002; Никитин А.В. и др., 2001, 2002; Телегин А.А., 2004].

Обследовали 40 больных ХОБ в возрасте от 30 до 60 лет. Все больные были разделены на 4 группы по 10 человек. Больным 1-й группы проводили НЛОК импульсным красным НИЛИ на проекцию кубитальной вены. Применяли лазерную излучающую головку ЛОК2 (АЛТ «Матрикс», импульсный режим, длина волны 635 нм, мощность 5 Вт, частота 80 Гц, экспозиция 20 мин). Во 2-й группе проводили НЛОК непрерывным лазерным излучением (длина

волны 635 нм, мощность 5 мВт, экспозиция 20 мин). Больным 3-й группы – импульсным ИК НИЛИ накожно по соответствующим полям на грудной клетке с использованием лазерной излучающей головки ЛО1 (длина волны 890 нм, мощность 5 Вт, частота 80 Гц, экспозиция 20 мин). Во всех группах 14 ежедневных сеансов. В 4-й группе больным проводили только традиционное медикаментозное лечение.

Всем больным, получавшим сеансы лазерной терапии, проводили также традиционное медикаментозное лечение. При поступлении в стационар больных обследовали для подтверждения диагноза, установления степени тяжести заболевания и противопоказаний к лазерной терапии; учитывали также снижение температурной реакции и наличие симптомов выраженной интоксикации.

Сеансы лазерной терапии начинали на 4-е сутки после поступления и проводили ежедневно (6 раз в неделю) с соблюдением циркадного ритма (не чаще одного раза в сутки) в определённое время (оптимально до 12 ч), когда в организме превалирует тонус симпатической части вегетативной нервной системы и интенсивнее выражены обменные процессы [Никитин А.В. и др., 2000]. С первого сеанса всем больным на фоне щадящей диеты и адекватного питьевого режима назначали аевит в дозе 600 мг/сут.

Анализ динамики данных клинико-лабораторных показателей обострения заболевания показал, что в группах больных, получавших сеансы лазерной терапии, наблюдалась более ранняя их нормализация (рис. П25, П25) по сравнению с контролем. Наиболее ранняя нормализация основных клинико-лабораторных признаков наблюдалась в группе больных, которым проводили НЛОК импульсным красным НИЛИ с использованием излучающей головки ЛОК2. У больных этой группы достоверно раньше прекратились кашель, выделение мокроты, хрипы в грудной клетке, а также улучшились и нормализовались лабораторные показатели.

Необходимо отметить, что в группе больных, которым проводили терапию импульсным лазерным излучением красного и инфракрасного диапазонов, практически не отмечалось существенных различий в динамике указанных показателей между собой, а также в сроках пребывания пациентов в стационаре (рис. П24–П26).

При НЛОК НИЛИ в непрерывном режиме у больных 2-й группы все показатели нормализовались несколько позже, но раньше, чем у больных, получавших традиционную медикаментозную терапию.

В период обострения ХОБ помимо выраженной клинической симптоматики регистрировались существенные нарушения бронхиальной проходимости у пациентов всех рассматриваемых групп. Клиническая эффективность лазерной терапии подтверждается исследованиями показателей функции внешнего дыхания (ФВД), представленными в табл. П8.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что импульсное лазерное излучение, как в ИК (890 нм), так и красной области спектра (635 нм), оказы-

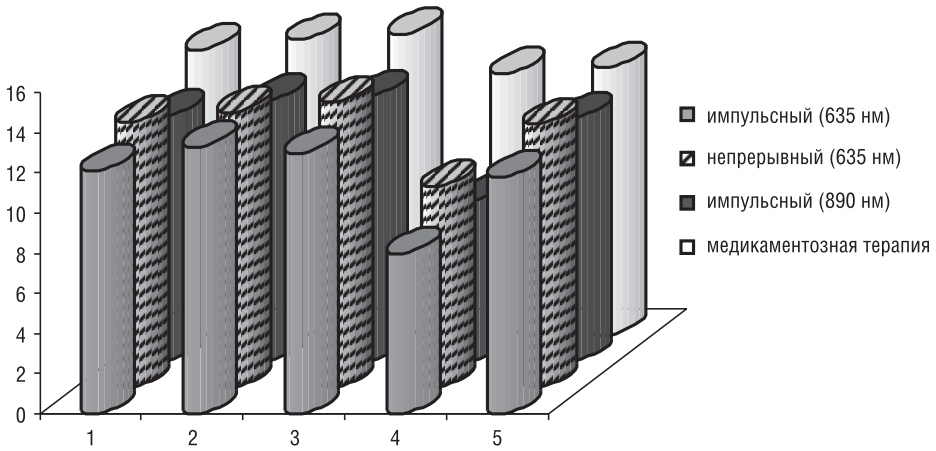



*Рис. П24.* Динамика клинических показателей: 1 – кашель; 2 – одышка; 3 – выделение мокроты; 4 – улучшение субъективного состояния больных; 5 – аускультивные изменения

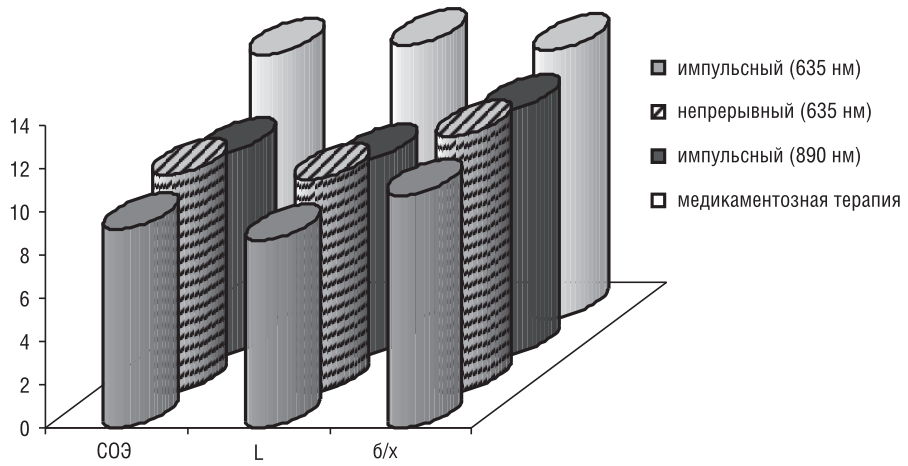



*Рис. П25.* Динамика лабораторно-биохимических показателей (С-реактивный белок, сиаловые кислоты, серомукоиды, белковые фракции)

вает более выраженный клинический эффект у больных ХОБ по сравнению с непрерывным режимом. Импульсное красное НИЛИ (635 нм) в наибольшей степени влияет на биохимические показатели крови при транскутанном освечивании, позволяя в среднем на 3–5 дней сократить сроки лечения по сравнению с другими методами.

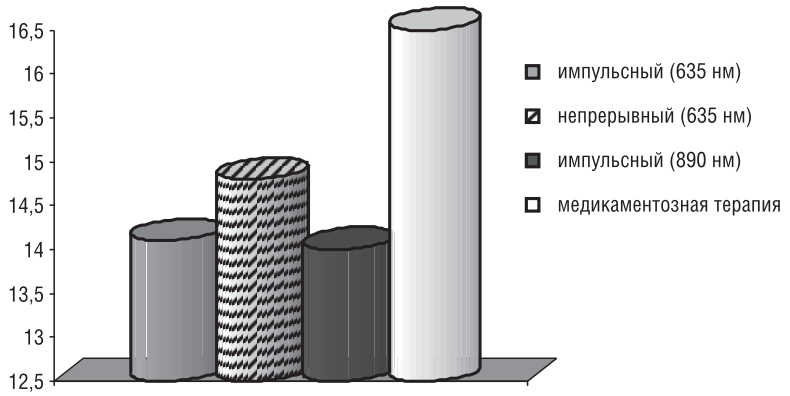



*Рис. П26.* Длительность пребывания больных в стационаре

*Таблица П8*

**Динамика показателей ФВД у больных ХОБ под воздействием разных видов лазеротерапии в сравнении с традиционной терапией, M ± m**

| Показатели ФВД (%) | Исходный уровень / на 18-й день | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ЛОК2 | КЛО2 | ЛО2 | Медикаментозная терапия |
| VC | 51,9 ± 0,3 | 51,7 ± 6,3 | 54,8 ± 0,2 | 55,2 ± 0,3 |
| | 88,6 ± 0,5 | 76,9 ± 0,3 | 86,2 ± 0,4 | 72,7 ± 0,2 |
| FVC | 51,3 ± 0,4 | 53,1 ± 0,3 | 50,9 ± 0,3 | 52,2 ± 0,3 |
| | 81,2 ± 0,3 | 75,6 ± 0,3 | 80,0 ± 0,5 | 72,8 ± 0,4 |
| $FEV_1$ | 48,4 ± 0,3 | 49,7 ± 0,3 | 47,3 ± 0,3 | 45,9 ± 0,2 |
| | 85,0 ± 0,2 | 71,9 ± 0,3 | 80,9 ± 0,3 | 68,1 ± 0,2 |
| $FEV_1$/VC | 70,9 ± 0,4 | 69,2 ± 0,5 | 68,8 ± 0,6 | 70,1 ± 0,3 |
| | 85,9 ± 0,2 | 79,1 ± 0,4 | 82,3 ± 0,3 | 77,9 ± 0,3 |
| PEF | 41,3 ± 0,3 | 40,8 ± 0,4 | 39,1 ± 0,3 | 38,6 ± 0,1 |
| | 80,2 ± 0,4 | 72,1 ± 0,1 | 78,3 ± 0,2 | 70,8 ± 0,2 |
| $MEF_{25}$ | 42,1 ± 0,3 | 39,3 ± 0,5 | 40,7 ± 0,4 | 36,7 ± 0,4 |
| | 73,8 ± 0,4 | 62,2 ± 0,2 | 70,1 ± 0,3 | 60,8 ± 0,3 |
| $MEF_{50}$ | 48,9 ± 0,1 | 43,7 ± 0,1 | 46,2 ± 0,2 | 44,1 ± 0,2 |
| | 66,2 ± 0,3 | 59,8 ± 03 | 64,0 ± 0,4 | 57,8 ± 0,2 |
| $MEF_{75}$ | 47,6 ± 0,4 | 43,4 ± 0,3 | 45,4 ± 0,4 | 42,9 ± 0,4 |
| | 63,8 ± 0,4 | 58,8 ± 0,3 | 61,2 ± 0,5 | 56,3 ± 0,4 |

## *Красные импульсные лазеры в оториноларингологии (соавт. А.А. Петлев)*

С целью обоснования эффективности и подтверждения целесообразности применения импульсного НИЛИ красного спектра (635 нм) у взрослых и детей с различными заболеваниями уха, горла и носа было проведено

соответствующее исследование, основанное на клинической оценке и сравнении эффективности разных видов НИЛИ. В период с 1999-го по 2006 г. курсы комплексной терапии прошли 948 больных (взрослых и детей) с заболеваниями и повреждениями ЛОР-органов. Работа проводилась под руководством и при непосредственном участии профессора А.Н. Наседкина. Полученные результаты лечения были соответствующим образом обработаны и проанализированы.

В исследование включены больные, которым в полном объёме проведено назначенное лечение и необходимые диагностические исследования до и на всех этапах лечения. Распределение больных по возрасту и полу проводили согласно схеме возрастной периодизации, принятой в 1965 г. на VII научной конференции по возрастной морфологии и биохимии (табл. П9).

*Таблица П9*

**Распределение больных, прошедших курс ЛТ, по возрасту и полу**

| Возрастной период | | Возраст, лет | Кол-во мужчин | Кол-во женщин | Общее кол-во больных | | % к общему кол-ву больных |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Дети | Ясельный и дошкольный | 1–6 | 68 | 49 | 117 | 397 | 12,34 |
| | Младший школьный | 7–11 | 82 | 62 | 144 | | 15,19 |
| | Подростковый | 12–15 | 79 | 57 | 136 | | 14,35 |
| Взрослые | Юношеский и зрелый возраст 1-го периода | 16–35 | 144 | 162 | 306 | 551 | 32,28 |
| | Взрослый 2-го периода, пожилой возраст | 36 и выше | 124 | 121 | 245 | | 25,84 |
| Всего | | | 497 | 451 | 948 | | 100% |

Из табл. П9 видно, что 58% больных – взрослые, остальные дети, причём мальчиков больше, чем девочек, а мужчин меньше, чем женщин. Больше всего больных приходилось на возраст до 35 лет, меньше всего – детей дошкольного возраста. Распределение детей по клиническим группам в зависимости от применяемого вида лазерного излучения было проведено аналогично взрослым.

В I группе применяли низкоинтенсивное лазерное излучение красного спектра (635 нм) в импульсном режиме. Во II группе – низкоинтенсивное лазерное излучение ближнего инфракрасного диапазона спектра (890 нм) в импульсном режиме. В III группе – низкоинтенсивное лазерное излучение красного спектра (635 нм) в непрерывном режиме. В IV (контрольной) группе проводили только традиционное лечение, без применения ЛТ.

В исследовании применяли АЛТ «Матрикс», параметры излучающих головок которого представлены в табл. П10.

*Таблица П10*

**Параметры лазерного излучения**

| Тип излучающей головки | Оптический диапазон | Длина волны, нм | Режим работы | Мощность излучения | Частота, Гц | Длительность импульса, нс |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ЛОК2 (I группа) | Красный | 635 | Импульсный | 3 Вт (импульсная) | 80 | 100 |
| ЛО2 (II группа) | ИК | 890 | Импульсный | 5 Вт (импульсная) | 80 | 100 |
| КЛО2 (III группа) | Красный | 650 | Непрерывный | 20 мВт (средняя) | – | – |

При проведении лазеротерапии применяли дистантную стабильную и дистантную лабильную методики. Различные насадки для лазерных излучающих головок не применяли, за исключением зеркальной насадки ЗН-35 в качестве ориентира. Время освечивания на одну зону составляло от 30 с до 4 мин во всех группах в зависимости от заболевания, количества зон воздействия и возраста пациента.

На первых этапах исследования подбирали оптимальные режимы ЛТ разными видами лазерного излучения в пределах описанных выше параметров. Изменяли количество зон освечивания, время воздействия на зону, частоту для импульсных лазеров (в I и II группах). По мере накопления клинических данных пришли к выводу об универсальности некоторых параметров воздействия НИЛИ, в данном случае применительно к ЛОР-патологии. Речь идёт о времени процедуры, частоте следования импульсов и методике проведения процедуры.

Оценивая и анализируя результаты, мы исходили из того, что главным критерием оценки целесообразности и эффективности применения ЛТ в лечении больных был и остаётся клинический ответ в виде положительной динамики со стороны проявлений заболевания и его течения. Сравнительная оценка эффективности лечения больных в группах проводилась по анализу динамики клинических проявлений заболеваний, по данным инструментальных методов исследования. Оценивали интенсивность проявления симптомов заболеваний, сроки уменьшения и исчезновения патологических проявлений, восстановление трудоспособности, катамнез.

Сравнительный анализ результатов комплексного лечения больных с различной ЛОР-патологией показал достоверно лучшие результаты в I, II, III группах по сравнению с контрольной группой, где НИЛИ не применялось. Наиболее высокий лечебный эффект отмечен у больных, которым лазерная терапия проведена импульсным НИЛИ красного спектра (635 нм).

### *Заболевания лимфаденоидного кольца. Аденоидные вегетации. Аденоидит*

Всего проведено лечение 215 детей: 164 больных в I–III группах и 51 больной в контрольной группе. Такие симптомы, как выделения из носа, кашель, затруднение носового дыхания, храп, в I–III группах заметно уменьшались уже на 4–5-й день лечения. В контрольной группе аналогичная динамика отмечалась к 8–10-му дню.

За время наблюдения и лечения была отмечена более быстрая нормализация клинических показателей в I группе, чем во II и III. У большинства пациентов I группы уже после 3–5 сеансов ЛТ красным импульсным НИЛИ отмечалось улучшение носового дыхания, уменьшение выделений из носа, уменьшение кашля и храпа. Во II и III группах аналогичные положительные изменения отмечались после 6–7 сеансов ЛТ, а в контрольной группе – к 10-му дню лечения.

При контроле состояния носоглотки на 4–5-е сут после начала лечения у пациентов I группы было отмечено значительное уменьшение гиперемии, заметная тенденция к уменьшению отёка аденоидных вегетаций, уменьшению отделяемого, которое приобретало преимущественно слизистый характер. У пациентов II и III групп на 4–5-е сут гиперемия аденоидов также уменьшалась, однако отёк, количество и характер выделений изменялись заметно меньше, чем в I группе. В контрольной группе положительная динамика по совокупности симптомов была заметно хуже (в среднем на 30%). На 8–10-е сутки у большинства пациентов в I–III группах отсутствовала гиперемия слизистой оболочки носа и носоглотки, количество отделяемого в носоглотке и отёк аденоидных вегетаций были минимальными, увеличился просвет носоглотки. В контрольной группе достаточно выраженные проявления аденоидита сохранялись у большинства пациентов.

После 10-го дня лечения выраженность симптомов аденоидита (остаточный кашель, выделения из носа, храп и затруднение носового дыхания) в I–III группах была значительно меньше, чем в контрольной группе. В I группе значимые гиперемия и отёк аденоидов сохранялись у 7, во II группе – у 9, в III группе – у 12, а в контрольной – у 24 детей. Полученные данные систематизированы и оценены по балльной системе (рис. П27).

На диаграмме видно, что в I–III группах самая быстрая положительная динамика наблюдалась у пациентов I группы, самая медленная – у пациентов III группы. В контрольной группе положительные изменения наступали на 5–6 дней позже, чем в I группе, и на 3–4 дня позже, чем в III.

У 45 детей (6 в I группе, 5 во II группе, 12 в III группе и 22 в контрольной группе) лечение оказалось недостаточно эффективным. При незначительном остаточном или отсутствующем воспалении в носоглотке сохранялись в той или иной степени затруднение носового дыхания, храп, гнусавость. При контрольном осмотре через 1–3 мес. после окончания курса лечения все пациенты отметили, что носовое дыхание оставалось затруднённым. При осмотре у

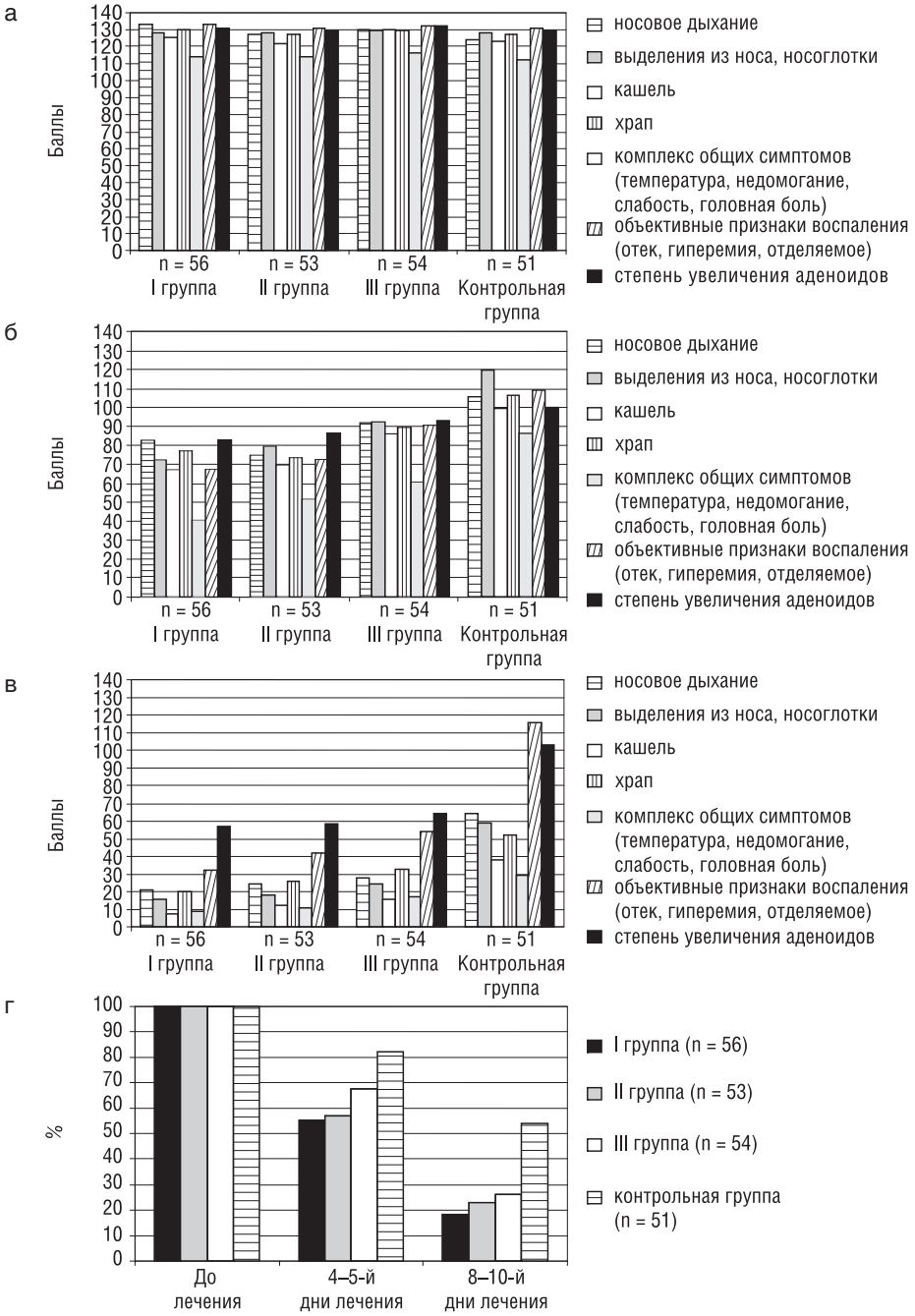



*Рис. П27.* Выраженность симптомов аденоидита: а – симптомы аденоидита до лечения; б – симптомы аденоидита после 4–5 дней лечения; в – симптомы аденоидита после 8–10 дней лечения; г – динамика лечения аденоидита

этих больных выявлены гипертрофированные аденоиды 2–3-й степени и сужение просвета носоглотки, причём у 11 пациентов выявлено сопутствующее обострение хронического синусита, у 2 детей острый риносинусит, у 5 детей обострение аллергического ринита. Этим пациентам была рекомендована аденотомия после соответствующего лечения обострений синусита и аллергического ринита.

В отношении аденотомии необходимо сказать, что у детей после курса ЛТ любым из трёх видов лазерного излучения, использованного нами, была отмечена менее выраженная геморрагия во время и после проведения аденотомии и более короткие сроки послеоперационной реабилитации.

### *Острый фарингит и обострения хронического фарингита*

Проведено лечение 53 больных, из них в контрольной группе было 13 больных, в I–III группах – 40 больных.

Контрольный осмотр проводили до начала лечения, на 2–3-й, 5–6-й и 8–10-й дни после начала лечения. Характерные для фарингита симптомы оценены в баллах (рис. П28).

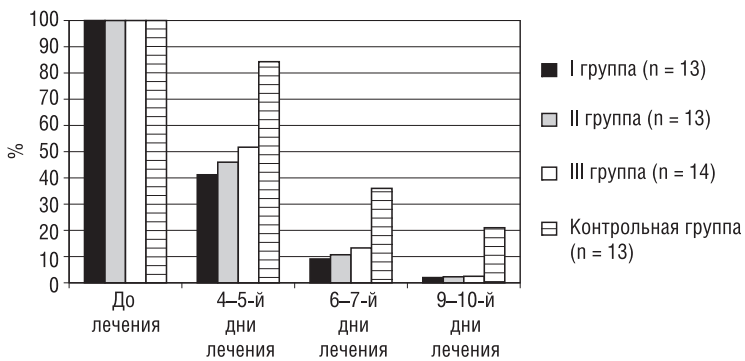



*Рис. П28.* Динамика проявлений обострения хронического фарингита в процессе лечения

Из диаграммы видно, что регресс симптомов фарингита в I–III группах происходил значительно быстрее, чем в контрольной группе. Отсутствие першения и болей в горле, сухого кашля у больных I–III групп наступило на 3–4-е сут. Причём значительное уменьшение боли у всех больных I–III групп по сравнению с контрольной группой мы наблюдали уже после 1–2 сеансов. Наиболее выраженное анальгезирующее действие оказало красное импульсное лазерное излучение (I группа), наименьшее – красное непрерывное лазерное излучение (III группа). Аналогичный анальгезирующий эффект традиционного лечения в контрольной группе наступил на 3–4 дня позже. К 9–10-му дню после начала лечения при фарингоскопии у большинства пациентов в

I–III группах отёка и гиперемии лимфоидных гранул и гипертрофированных боковых валиков глотки нет, слизистая оболочка глотки бледно-розового цвета, отделяемого на задней стенке глотки (при гипертрофической и смешанной форме) нет.

У 6 пациентов с атрофическими формами фарингита из 33 больных в I–III группах умеренно выраженные дискомфорт и сухость в горле сохранялись, хотя и в значительно меньшей степени, чем до начала лечения. В контрольной группе остаточные проявления фарингита, причём более интенсивные, сохранялись у 7 пациентов из 15. Все эти больные были с сопутствующими различными заболеваниями пищеварительного тракта, сердечно-сосудистой системы и другими заболеваниями, при которых хронический фарингит можно позиционировать как заболевание-симптом, являющееся отражением болезненного состояния других органов и систем.

### *Хронический тонзиллит*

Проведено лечение 110 больных с хроническим тонзиллитом, из них 78 взрослых и 32 ребёнка. Распределение пациентов с хроническим тонзиллитом по группам представлено в табл. П11.

*Таблица П11*

**Распределение пациентов с хроническим тонзиллитом по группам**

| Диагноз | Возрастная группа | I группа | II группа | III группа | Контрольная группа |
|---|---|---|---|---|---|
| Хронический тонзиллит | Взрослые | 19 | 20 | 21 | 18 |
| Хронический тонзиллит | Дети | 4 | 3 | 3 | 7 |
| Хронический тонзиллит в сочетании с аденоидитом | Дети | 4 | 4 | 3 | 4 |

Учитывая, что в клинической практике патология разных отделов лимфаденоидного глоточного кольца редко бывает изолированной, считаем целесообразным включить в этот раздел детей с сочетанием хронического тонзиллита и аденоидита.

Получены следующие результаты лечения хронического тонзиллита: в процессе проведения и непосредственно после курса консервативного лечения хронического тонзиллита каких-либо преимуществ от применения ЛТ у пациентов в I–III группах по сравнению с контрольной группой мы не выявили ни у взрослых, ни у детей. Однако в катамнезе (наблюдения в течение двух лет) мы отметили, что у больных I–III групп в сравнении с пациентами контрольной группы достоверно снижалось количество обострений (рис. П29).

Диаграмма отражает количество обострений хронического тонзиллита в каждой группе в течение 2 лет после начала консервативного лечения. Па-

*Рис. П29.* Динамика количества обострений хронического тонзиллита до и в течение 2 лет после начала лечения

циенты I–III групп отмечали улучшение общего самочувствия, лучшую переносимость переохлаждений, исчезновение симптомов интоксикации на длительный период. Обострения хронического тонзиллита у этих пациентов протекали в лёгкой форме. Необходимость проведения повторного курса консервативного лечения у большинства пациентов, как у детей, так и у взрослых, возникала через 9–12 мес. В первые 6 мес. повторный курс лечения был показан 17 пациентам из I, II и III групп. В контрольной группе необходимость проведения повторных курсов консервативного лечения у 12 пациентов возникла уже через 1–2 мес. после первого курса лечения, у остальных пациентов – через 4–6 мес.

Частота обострений в I–III группах снизилась в среднем в 4–5 раз: в I группе – на 77,5%, во II группе – на 77,3%, в III группе – на 78%. В контрольной группе частота обострений снизилась менее чем в 2 раза (на 33,9%).

У части пациентов с токсико-аллергической формой хронического тонзиллита многократная консервативная терапия оказалась малоэффективной и признана неудовлетворительной. За два года наблюдения у таких больных продолжались обострения хронического тонзиллита с характерной тонзиллогенной интоксикацией, отмечалась отрицательная динамика фарингоскопической картины. У взрослых определялся повышенный титр антистрептолизина О (ASO). У детей, кроме обострений хронического тонзиллита, имели место обострения аденоидита и гипертрофия нёбных миндалин. Этим пациентам (18 взрослых и 11 детей) было предложено, а затем и проведено оперативное лечение: тонзиллэктомия взрослым и аденотонзиллэктомия детям.

### *Заболевания носа и околоносовых пазух*

В I–III группах положительный эффект наступал на 5–9 дней раньше, чем в контрольной, причём при лечении острых и обострений хронических синуситов, острых ринофарингитов и особенно вазомоторных ринитов был отмечен наиболее выраженный эффект именно в I группе.

### *Острый ринофарингит*

Проведено лечение 56 больных, из них 35 взрослых и 21 ребёнок. По аналогии оценки результатов лечения, изложенных в предыдущих разделах, определены критерии оценки динамики лечения в баллах (рис. П30).

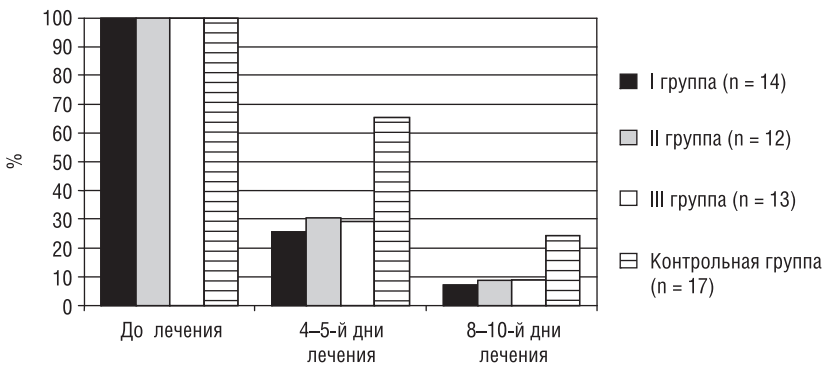



*Рис. П30.* Динамика проявлений острого ринофарингита в процессе лечения

Из представленной диаграммы видно, что клиническое улучшение у больных, получавших лазерную терапию, наступило значительно быстрее, чем у больных контрольной группы. В I–III группах характерные для острого ринофарингита симптомы, такие как боль в горле, выделения из носа и затруднение носового дыхания, значительно уменьшались и практически исчезали на 4–5-й дни лечения. При этом все взрослые пациенты и 4 ребёнка из I группы отметили прекращение болей в горле и нормальное носовое дыхание уже после 2–3 сеансов лазерной терапии. В контрольной группе аналогичная динамика отмечалась к 8–10-му дням.

### *Острые синуситы и обострения хронических синуситов*

Проведено лечение 179 больных с острыми и хроническими синуситами в стадии обострения. По аналогии оценки результатов лечения, изложенных в предыдущих разделах, определены критерии оценки динамики лечения. В процессе лечения оценивали динамику отёка слизистой оболочки носа, характер и количество отделяемого, кашель, сроки нормализации носового

дыхания и регрессии болевого синдрома (головная и лицевая боль), данные рентгенографии и КТ придаточных пазух носа.

Получены следующие результаты: положительная динамика лечения острых и обострений хронических синуситов как у взрослых, так и у детей в I, II, III группах наступала на 4–5 дней раньше, чем в контрольной группе.

Такие важные симптомы с точки зрения тяжести заболевания, как головная боль и боль в проекции пазух, наблюдаемые до начала лечения более чем у трети всех больных, прекращались в течение первых двух суток. В контрольной группе регресс аналогичных симптомов отмечен на 1–2 дня позже.

В I–III группах на 4–5-й дни лечения практически все больные с острыми синуситами и большинство больных с обострением хронического синусита отмечали нормализацию общего состояния, прекращение или значительное уменьшение болей и улучшение носового дыхания. У большинства пациентов проведена эндоскопия носа до лечения и в процессе лечения. При эндоскопии носа отмечено меньшее количество отделяемого в I–III группах (и особенно в I), на 4–5-й и 8–10-й дни лечения по сравнению с контрольной группой. Характер патологического отделяемого в полости носа также был различен. В исследуемых группах на 4–5-й и 8–10-й дни чаще отмечено слизисто-гнойное и слизистое отделяемое, а в контрольной группе преобладал гнойный характер отделяемого в эти же сроки.

В I группе на 8–11-й дни сохранялись минимальные объективные проявления у 2 детей и у 3 взрослых больных (выделения из носа, затруднение носового дыхания). При контрольной пункции гайморовой пазухи на 8–10-й дни у 16 взрослых отделяемого из пазух не получено. Во II и III группах результат хуже. При этом во II группе результаты хуже, чем в I, но ненамного, особенно на 4–5-й дни. К 10-му дню разница была более существенной. В III группе разница более существенная как на 4–5-й дни лечения, так и на 8–10-й дни. Во II и III группах умеренно выраженные симптомы синусита на 8–11-й дни сохранялись у 7 и 12 больных соответственно. При контрольной пункции гайморовой пазухи на 8–10-й дни из 10 взрослых II группы скудное слизисто-гнойное отделяемое из пазух получено у 1 больного, в III группе – у 3 из 12 больных.

В контрольной группе у 2/3 больных симптомы заболевания ещё сохранялись. Отмечена аналогичная динамика через 15–17 дней. Из 17 контрольных пункций на 8–10-й дни у 14 пациентов получено скудное слизисто-гнойное отделяемое (рис. П31).

На R-граммах и КТ исходно было выявлено либо тотальное затенение пазух, либо уровень жидкости, либо выраженное пристеночное утолщение слизистой оболочки. На R-графии и КТ пазух на 8–12-й дни у взрослых, как правило, при любом исходном состоянии снимка на контрольном исследовании при острых процессах остаётся умеренное пристеночное утолщение слизистой пазух. При обострении хронических процессов также сохраняется пристеночное утолщение, но более выраженное, а на КТ часто видны поли-

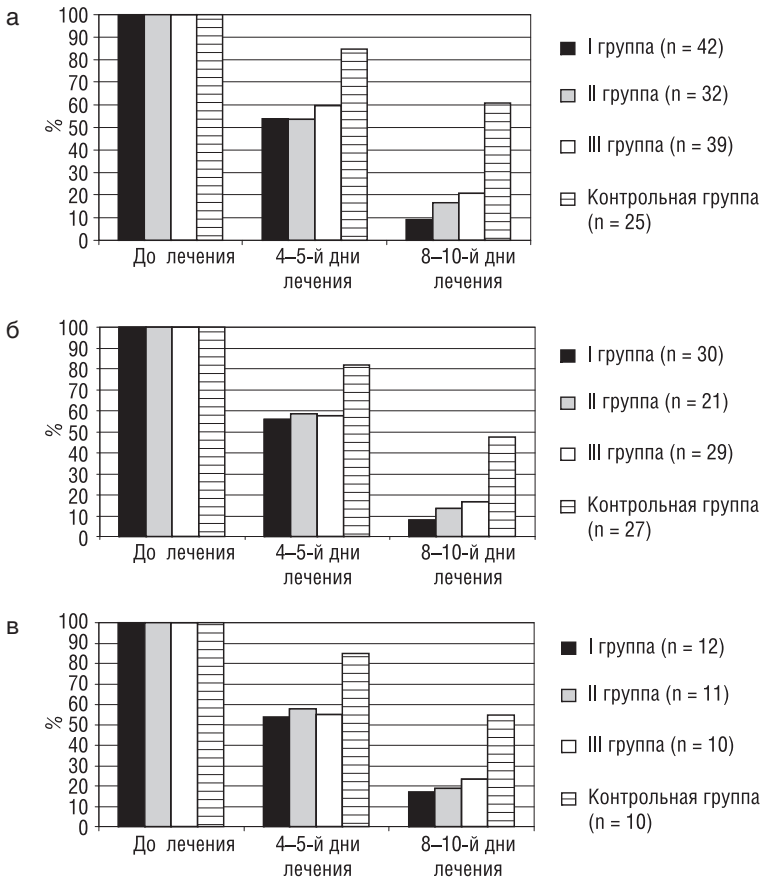



*Рис. П31.* Динамика лечения больных острыми синуситами:
а – дети и взрослые; б – взрослые; в – дети

позные изменения слизистой пазух. На КТ и в меньшей степени на R-граммах видно уменьшение прозрачности решётчатых клеток.

### *Вазомоторный и аллергический ринит*

Вазомоторный ринит (ВР): пациентам с лекарственно-зависимой формой вазомоторного ринита в I–III группах проводили лазерную терапию.

У больных с нейровегетативной формой вазомоторного ринита, и особенно аллергического ринита, ЛТ как монотерапия была в большинстве случаев малоэффективна, особенно при лечении аллергических ринитов. Сочетание ЛТ и традиционного лечения нейровегетативной формы вазомоторного ринита показало лучший эффект в основных группах по сравнению с контрольной. Быстрее на 2–3 дня восстанавливалось носовое дыхание. После 2–3-го сеан-

сов ЛТ в I группе у большинства пациентов прекратились выделения из носа. Во II и III группах аналогичная динамика отмечена на 2–3 дня позже.

При лечении аллергических ринитов в сочетании с лекарственной терапией (антигистаминные препараты, местные гормональные препараты, промывания носа и т. д.) у больных в основных группах выявлены существенные различия в динамике выздоровления, при этом чаще отмечали более свободное носовое дыхание и меньшее количество выделений из носа.

Наиболее эффективным оказалось лечение больных в I группе. Уже после 1–2-го сеанса ЛТ больные отмечали улучшение носового дыхания, уменьшение выделений из носа. На фоне сопутствующего лекарственного лечения при нейровегетативных формах ВР выраженный эффект наблюдали после 5–6-й процедур ЛТ. Во II, III группах – после 6–8-й и 10–12-й процедур (рис. П32).

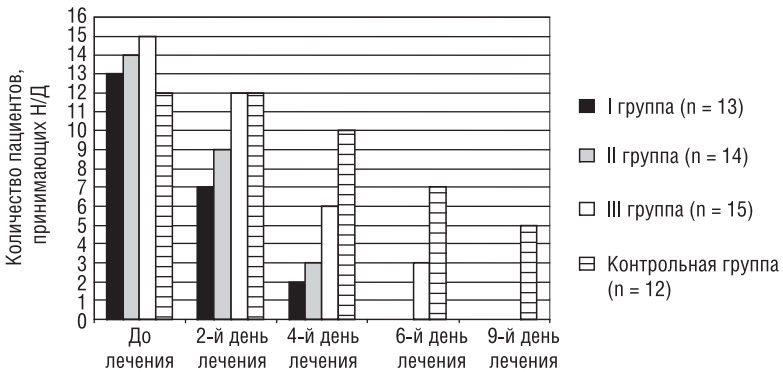



*Рис. П32.* Динамика отказа от назальных деконгестантов

У больных с лекарственной формой вазомоторного ринита в I группе улучшение носового дыхания наступало после 1–3-й процедур ЛТ, во II и III группах – после 2–4-й и 5–7-й процедур соответственно. Причём в I и II группах большинство пациентов (12 и 13 соответственно) прекратили применять капли после 2–3-й процедур, а в III группе – только 6 больных из 15. В контрольной группе для достижения эффекта проводилось традиционное лечение (новокаиновые блокады, электро- и фонофорез, назначали препараты кальция, антигистаминные препараты, постепенное снижение количества капель).

### *Острый ларингит*

В I группе при воздействии на область яремной вырезки и на проекцию гортани все пациенты отмечали уменьшение дискомфорта, боли, охриплости и кашля уже после 1-го сеанса ЛТ. В сочетании с лекарственной терапией в виде ингаляций выздоровление наступало на 7–10-й дни. Во II и III группах эффект наступал на 2–4 дня позже.

### *Наружный отит*

Лазерная терапия проводилась после тщательного туалета слухового прохода. В I и II группах выраженный обезболивающий эффект наступал после 1–2-го сеансов ЛТ, в III группе – после 2–3-го ежедневных сеансов ЛТ. Уменьшение отёка кожи и прекращение выделений на 3–5-й дни лечения. В контрольной группе уменьшение отёка кожи, прекращение боли и выделений отмечали на 4–7-й дни лечения (рис. П33).

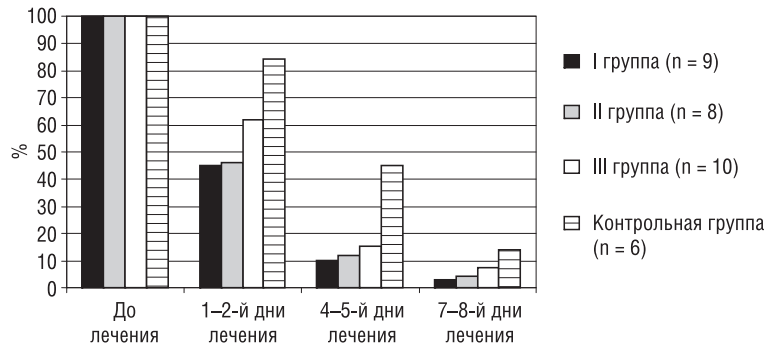



*Рис. П33.* Динамика лечения наружного отита

### *Средний отит (острый катаральный и гнойный, обострение хронического отита)*

При лечении среднего отита, особенно острых форм, наиболее эффективно проявилось анальгезирующее действие ЛТ. В I группе все больные отметили прекращение или значительное уменьшение болей во время и сразу после сеанса ЛТ. Во II и III группах обезболивающий эффект наступал после 1–2-го сеансов. В I, II, III группах отмечено достоверное сокращение сроков лечения в среднем на 7–14 дней (рис. П34).

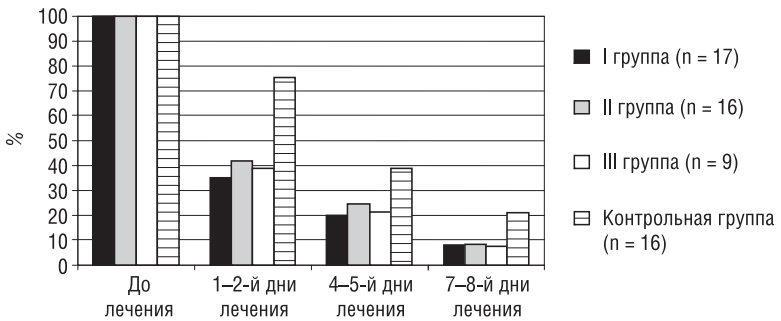



*Рис. П34.* Динамика лечения среднего отита

### *Травмы ЛОР-органов и послеоперационный период после ЛОР-операций*

В I–III группах отмечено значительное уменьшение болевого синдрома в раннем послеоперационном (п/о) периоде, более быстрое (на 2–4 дня) уменьшение реактивных послеоперационных проявлений (рис. П35).

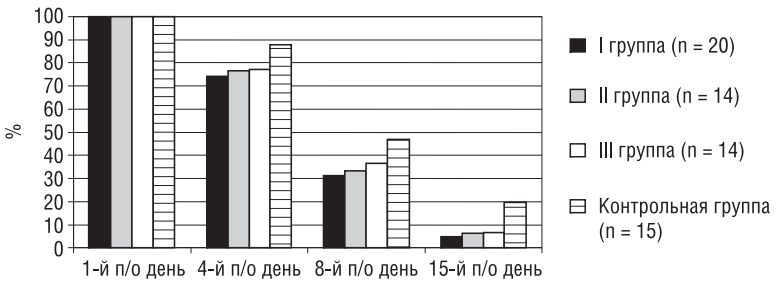



*Рис. П35.* Динамика лечения различных травм ЛОР-органов

В процессе работы мы отметили, что эффективность от ЛТ во всех группах могла существенно отличаться (при одинаковых диагнозах). Эти различия прежде всего выявлялись в динамике клинических проявлений в процессе лечения (субъективных и объективных). Преимущественно выздоровление проходило ускоренными темпами.

Например, у 11 больных с острым гайморитом (I группа) было отмечено выздоровление на 7–8-й дни с выраженным уменьшением болей и выделений из носа после 1–2-го сеансов лечения, причём у 6 больных антибиотики применялись только местно. У других больных I группы выздоровление (или значительное улучшение) наступило позже – на 9–11-е сут.

При лечении лекарственно-зависимой формы вазомоторного ринита у части больных был выраженный эффект уже после первых сеансов ЛТ: 5 больных I группы, 5 из II и 3 из III группы отметили значительное улучшение носового дыхания и без каких-либо затруднений прекратили применение сосудосуживающих капель в нос после 1-го сеанса ЛТ. По-разному проявлялось анальгезирующее действие ЛТ у больных разными формами отитов, у больных после операций на ЛОР-органах.

Учитывая данные, показывающие ведущую роль ионов кальция в запуске первичных механизмов терапевтического действия НИЛИ и связанные с этим оптимальные временны́е промежутки в 2 и 5 мин воздействия [Москвин С.В., 2003, 2008], мы дополнительно проанализировали полученные результаты и сравнили зависимость эффекта ЛТ от времени воздействия на одно поле. В тех случаях, где время воздействия на одно поле составляло 1,5–2 или 4–5 мин, эффект лечения оказался значительно выше, чем при другой длительности сеанса (при равной ЭП), причём эта закономерность в той или иной степени

прослеживалась во всех группах и для всех трёх вариантов параметров лазерного света.

Разработанная нами методика лазерной терапии с применением импульсных лазеров красного спектра (635 нм) в настоящее время всё более широко применяется в ЛОР-практике благодаря не только уникальной эффективности, но и простоте. Теперь нет необходимости использовать световодный инструмент для доставки лазерного света в нужное место и нет проблем, связанных с этим (стерилизация и пр.), все методики дистантные или наружные с применением контактно-зеркальной методики.

## *Героиновая наркомания у больных подростково-юношеского возраста (соавт. А.А. Наседкин)*

Из всех известных форм опийных наркоманий наибольшую распространённость во всем мире и на территории Российской Федерации приобрело употребление героина. Причём в последнее время имеет место тенденция «омоложения» болезни, значительно увеличилась доля лиц подросткового и юношеского возраста, вовлеченных в распространение этого недуга. В связи с нарастанием числа употребляющих героин внутривенно значительно возросло количество случаев заражения ВИЧ-инфекцией, вирусными гепатитами и другими сопутствующими заболеваниями, причём истинное количество инфицированных превышает официальные статистические данные по разным источникам в 5–10 раз. Резко возросло количество преступлений, связанных с незаконным оборотом наркотиков. Настал момент, когда необходимо обратить пристальное внимание на оптимальность тех методов и терапевтических программ, которые используются в качестве средства избавления от наркотической зависимости и до последнего времени считаются более или менее эффективными.

Хотя в последние годы наблюдается некоторое снижение общего уровня заболеваемости и обращаемости больных за лечением, данная проблема далека от разрешения. Прогресс в области медицинской науки и техники даёт широкие возможности для совершенствования лазерной аппаратуры и методик, применяемых в лазерной медицине. К настоящему времени накоплен опыт применения НИЛИ в психиатрии [Картелишев А.В. и др., 1995, 2002(1)] и наркологии [Сосин И.К., Чуев Ю.Ф., 1997; Погосов А.В., Мустафетова П.К., 1998]. Было предложено значительное количество методов ЛТ как в чистом виде, так и в сочетании с другими немедикаментозными методами и фармакотерапией. Во всех случаях отмечалось, что использование ЛТ даёт ощутимый терапевтический эффект уже на начальных этапах лечения, а также создает условия для формирования стойких и качественных ремиссий.

Но несмотря на неоспоримые заслуги исследователей, пока ЛТ наркологических заболеваний в клинической практике не нашла широкого применения.

Это частично обусловлено противоречивостью применяемых терапевтических лазерных методик, несовершенством лазерной аппаратуры и др. Однако современные достижения в области лазерной медицины способны устранить многие из этих недостатков, сделать лечебный процесс менее трудоемким, и главное, более эффективным. В первую очередь, это связано с появлением новых лазерных источников – импульсных, работающих в красной (635 нм) области спектра.

Важным является также исключение психотерапевтической составляющей эффекта, однозначно доказано, что именно особые свойства лазерного излучения, такие, как монохроматичность и поляризация, играют решающую роль в полученном лечебном эффекте.

Основные результаты исследований были опубликованы ранее [Наседкин А.А., 2004; Наседкин А.А., Москвин С.В., 2004].

В исследование были включены 60 больных, страдающих героиновой наркоманией и обнаруживавших в клинической картине заболевания синдром зависимости, отвечавший требованиям диагностических критериев по Международной классификации болезней (МКБ-10). При поступлении все больные были проконсультированы соответствующими специалистами (терапевт, при необходимости – невролог, психолог, у женщин – гинеколог), были проведены необходимые клинико-лабораторные исследования.

Обследованы 30 больных мужского пола и 30 женского в возрасте от 15 до 27 лет (средний возраст 20,5 года). С целью изучения возможных различий эффективности лечения в отношении больных разного возраста все они были разделены на 2 группы. В первую группу вошли 19 человек в возрасте от 15 до 18 лет, а во вторую – 41 человек в возрасте от 19 до 27 лет. Из исследования были исключены лица с сопутствующей психической патологией, а также с наличием выраженных соматических заболеваний в стадии обострения.

Из сопутствующей соматической патологии у всех исследуемых больных были обнаружены вирусные гепатиты. У 8 человек (13,3%) был обнаружен гепатит В, у 46 человек (76,6%) – гепатит С, а их сочетание выявлено у 6 человек (10%). Среди перенесённых ранее заболеваний отмечались детские инфекции, черепно-мозговые травмы различной степени тяжести, пиелонефрит, отит, бронхиальная астма, гастродуоденит, экзема.

В социальном плане большинство обследуемых больных на момент поступления в стационар нигде не учились и не работали, 18 человек (30%) работали на малоквалифицированной работе, остальные 8 (13,3%) человек являлись учащимися средних специальных и высших учебных заведений. При этом у подавляющего количества пациентов в анамнезе отмечались неблагоприятные микросоциальные условия (гипоопека, напряженная обстановка в семье, асоциальное поведение родителей, а также воспитание одним родителем).

По характеру преморбидных личностных особенностей у большинства больных отмечались неустойчивые черты в сочетании с психофизическим инфантилизмом и повышенной внушаемостью, слабостью высших волевых

функций, нестойкостью жизненных интересов, оживлением низших влечений. У некоторых больных отмечались возбудимые черты, выражающиеся в несдержанности, агрессивности поведения, дисфоричности, демонстративности, вербальной оппозиционности к лечебным мероприятиям. У части пациентов были выявлены остаточные явления экзогенно-органического поражения головного мозга (перенесенные черепно-мозговые травмы, пренатальная и антенатальная патология). По степени выраженности личностных изменений у всех больных отмечены лёгкие и средние акцентуации.

Начало приёма героина колебалось от 13 до 23 лет и в среднем составило 17 лет. В подавляющем большинстве случаев (54 человека, или 90%) наркотик употреблялся с самого начала внутривенно, и лишь у 6 пациентов (10%) ему предшествовала интраназальная наркотизация. У 20 человек (33,3%) до этого имело место употребление наркотиков каннабиноидного ряда, у 14 человек (23,3%) это сочеталось с приёмом кустарно приготовленных наркотиков стимулирующего действия, у 2 человек (3,3%) – сочетанное употребление каннабиноидов, барбитуратов и галлюциногенов, и также у 2 человек зарегистрировано употребление каннабиноидов, стимуляторов и галлюциногенов.

Эпизодическое употребление героина, как правило, не превышало 3 нед. – 1 мес., сменяясь в дальнейшем этапом систематической наркотизации с признаками психической и физической зависимости. Длительность заболевания на момент исследования колебалась от 6 мес. до 8 лет и в среднем составила 3,5 года.

В картине героинового абстинентного синдрома данного контингента больных отчётливо наблюдалась редуцированность всей симптоматики, в частности алгического компонента. Преобладающими проявлениями абстиненции были в основном маловыраженные соматоневрологические и аффективные симптомы. Для постабстинентного периода, знаменующегося экзацербацией патологического влечения к наркотику, были характерны аффективные компоненты в виде атипичных депрессивных и субдепрессивных нарушений, неврозоподобных проявлений с наличием тревоги, дисфории, попытками под любым предлогом покинуть отделение. Предшествующие ремиссии у всех больных были непродолжительны и не превышали 4 мес.

Для исследования все пациенты были разделены на 3 группы. В первую группу вошли 20 человек (10 в возрасте от 15 до 18 лет и 10 в возрасте от 19 до 27 лет), которым с первого дня лечения наряду с традиционной медикаментозной терапией назначали ЛТ. С этой целью использовали АЛТ «Матрикс» с двумя каналами для подключения излучающих головок в режиме БИО.

Воздействие производили следующим образом. Первые 5 дней применяли надвенное лазерное освечивание крови (НЛОК) на область кубитальной вены с помощью лазерной излучающей головки ЛОК2, генерирующей импульсное излучение красного спектрального диапазона (635 нм). Частота следования импульсов составляла 80 Гц, импульсная мощность 5 Вт, экспозиция воздействия 10 мин, методика контактно-зеркальная, стабильная. Одновременно с этим

производили магнитолазерное воздействие (с помощью зеркально-магнитной насадки 50 мТл) на зоны проекции печени, поджелудочной железы, толстой кишки, а также верхнего шейного симпатического узла (между углом нижней челюсти и местом прикрепления грудино-ключично-сосцевидной мышцы к сосцевидному отростку) при помощи лазерной излучающей головки ЛО2, генерирующей импульсное излучение инфракрасного спектра (890 нм). Частота следования импульсов составляла 80 Гц, импульсная мощность излучения 5 Вт, экспозиция по 2 мин на каждую зону, методика контактно-компрессионная, стабильная. Как показали исследования И.К. Сосина и Ю.Ф. Чуева (1997), в таком варианте проявляется дополнительный обезболивающий эффект при наличии алгической симптоматики.

При наличии алгических расстройств, характерных для острого периода наркотической абстиненции, осуществляли магнитолазерное воздействие на основные зоны локализации алгического синдрома у исследуемых больных – болевые поля в области крупных суставов и область поясницы. Использовали лазерную излучающую головку ЛО2 с зеркально-магнитной насадкой 50 мТл (ЗМ-50), частотой следования импульсов 150 Гц, мощностью излучения 5 Вт и экспозицией по 1–2 мин на каждое поле, контактно-зеркальным стабильным способом. Так, при воздействии на область коленного сустава излучатели были расположены по проекции суставной щели спереди под коленной чашечкой и сзади в подколенной ямке.

Во вторую группу вошли 20 человек (3 человека в возрасте от 15 до 18 лет и 17 в возрасте от 19 до 27 лет), в отношении которых наряду с традиционной фармакотерапией была применена методика лечения с помощью светодиодной излучающей матрицы МСО3 красного спектра. Излучение светодиодов при внешнем «лазерном» оформлении не обладает теми качествами, которые описаны выше, и может рассматриваться лишь как плацебо-лазер. Тем самым была поставлена задача – выяснить, насколько велика доля психотерапевтического эффекта ЛТ. Методическое обеспечение освечивания светодиодами было таким же, как и для лазерной терапии.

И наконец, в третью (контрольную) группу вошли 20 человек (6 человек в возрасте от 15 до 18 лет и 14 в возрасте от 19 до 27 лет), получавших только традиционное лечение. В качестве медикаментозной терапии больным назначали следующие препараты: для купирования алгических проявлений – 5% раствор трамала по 2–4 мл в сутки внутримышечно и/или перорально до 200 мг в сутки; для коррекции нарушений сна и психопатологических проявлений на ночь назначался 0,5% раствор реланиума по 2–4 мл в сутки с кордиамином, а также 25% раствор тизерцина по 1–2 мл в сутки. Из таблетированных препаратов в основном применяли тиорил до 200 мг в сутки, феназепам до 2 мг в сутки, клопиксол 10 мг в сутки, триттико 150 мг в сутки, леривон 30 мг в сутки.

Оценку динамики симптомов производили с помощью шкалы общего клинического впечатления (39 пунктов). Степень выраженности симптомов оценивали в баллах: 3 – сильно выражен, 2 – умеренно, 1 – слабо, 0 – не выра-

жен. С целью оценки аффективных проявлений постабстинентного состояния всем больным было проведено исследование с помощью шкал депрессии Гамильтона и Цунга, опросника депрессии у детей М. Ковач, а также шкалы самооценки Спилбергера–Ханина. Опросы осуществляли на 15, 22 и 30-й дни стационарного лечения.

Для оценки действия лазерного излучения на органы и системы было проведено клинико-биохимическое исследование динамики показателей крови. Учитывая наличие у всех больных вирусных гепатитов, исследовали динамику сывороточных трансаминаз: аланинаминотрансферазы (АлАТ) и аспартатаминотрансферазы (АсАТ) и гамма-глутамилтранспептидазы (γ-ГТП). Также, принимая во внимание присутствие определённых патологических сдвигов в работе антиоксидантных систем при героиновой наркомании [Панченко Л.Ф. и др., 1995], было проведено исследование антиоксидантной защиты организма по показателям уровня токоферола. Забор крови осуществляли на 1, 15 и 30-й дни лечения.

Также проводилось исследование показателей клеточного иммунитета (иммуноцитограмма). Иммуноцитограмма включала в себя иммунофенотипическое определение (путём микроскопирования мазков крови и мазков лимфоцитарных суспензий, окрашенных иммуноцитохимически по методу J.A. Bourne) процентного и абсолютного количества следующих популяций и субпопуляций иммунокомпетентных клеток: лейкоцитов, суммарных лимфоцитов, суммарных Т-лимфоцитов (CD3), Т-хелперов/индукторов (CD4), цитотоксических Т-эффекторов (CD8), иммунорегуляторного индекса (ИРИ) – отношение CD4/CD8, В-лимфоцитов (CD19), естественных киллерных клеток или NK-клеток (CD16), нулевых лимфоцитов, клеток фагоцитарной системы: микрофагов, т. е. нейтрофильных, эозинофильных и базофильных гранулоцитов и предшественников макрофагов – моноцитов. В Т- и В-популяциях лимфоцитов оценивали также цитохимическую реакцию на 5'-нуклеотидазу (5'-НТ) (метод M. Wachstein, E. Meisel), фермент, эктоформа которого служит маркером активированных лимфоцитов (CD73). Для нейтрофильных гранулоцитов помимо общего количественного определения оценивали также индекс сегментированности ядра как показатель зрелости клеток и процент нейтрофилов с токсогенной зернистостью цитоплазмы, характерной для выраженной воспалительной реакции.

### *Эффективность ЛТ по данным клинико-психопатологического метода исследования в ходе купирования абстинентного и постабстинентного синдромов*

В ходе проведённого исследования с использованием различных методов лечения нами были получены следующие результаты. По общему клиническому впечатлению выраженность абстинентного и постабстинентного синдромов в обеих возрастных группах была идентичной. Замечено, что редукция алгических проявлений у больных, получавших наряду с традиционной терапией лазерную, наступает к 2–4-му дню лечения (в среднем на 3-й день), в то время

как у большинства больных контрольной группы симптоматика полностью исчезает лишь к 5–6-му дню (рис. П36).

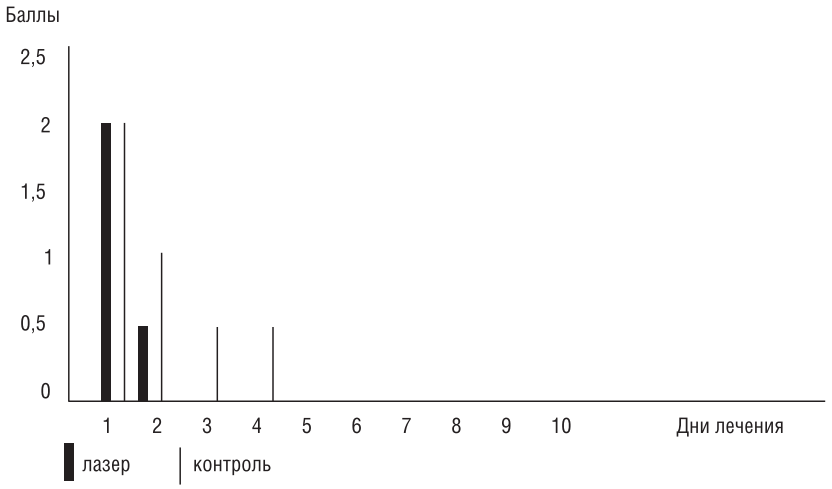



*Рис. П36.* Редукция алгических проявлений абстинентного синдрома (обе возрастные группы) ($p < 0,05$)

Расстройства астенического полюса (чувство разбитости, тяжести в голове, общей слабости) ликвидируются в среднем на 10-й день в отличие от больных контрольной группы (до 15-го дня лечения). Соматовегетативные проявления (тремор, потливость, диспептические расстройства, колебания артериального давления) у большинства больных представлены фрагментарно и редуцированы в среднем на 3 дня раньше, чем у контрольных (к 4-му дню лечения), в остальных же случаях они отсутствовали. Аффективные проявления (пониженное настроение, тревога, эмоциональная лабильность, дисфория, демонстративность, конфликтность) полностью ликвидируются примерно к 15–20-му дню, в то время как у большинства больных контрольной группы те или иные симптомы сохраняются до 30-го дня терапии (рис. П37).

Как уже указывалось выше, у больных контрольной группы, получавших только традиционное лечение, основные проявления абстинентного и постабстинентного синдромов сохранялись более длительно, нежели у пациентов, получавших ЛТ.

Обследование с помощью шкалы депрессии Гамильтона у всех больных не выявляет каких-либо депрессивных переживаний.

*Младшая возрастная группа*

В I группе суммарный показатель на 15-й день составляет 4,7 ± 1,0; на 22-й – 3,7 ± 1,0; на 30-й – 3,0 ± 1,0 единицы. В контрольной группе на 15-й день – 5,7 ± 1,5; на 22-й – 5,0 ± 1,5; на 30-й – 3,7 ± 1,5.

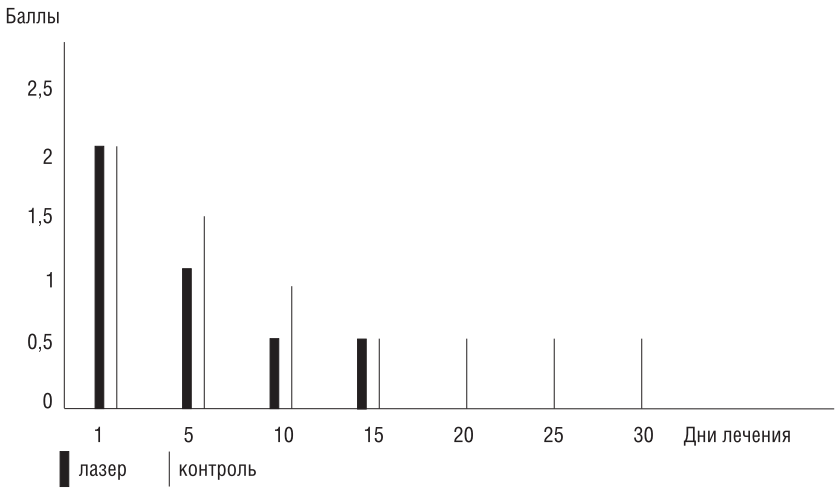



*Рис. П37.* Редукция аффективных проявлений (обе возрастные группы) ($p < 0,05$)

*Старшая возрастная группа*

В I группе суммарный показатель на 15-й день – 5,3 ± 1,5; на 22-й – 3,3 ± 0,5; на 30-й – 2,2 ± 1,0 единицы. В контрольной группе на 15-й день – 5,8 ± 1,5; на 22-й – 5,4 ± 1,5; на 30-й – 4,0 ± 1,5.

Отсутствие депрессии по шкале Гамильтона, по-видимому, можно объяснить тем, что шкала ориентирована на взрослых больных с классическими «большими» депрессиями и не учитывает особенностей депрессии при героиновой наркомании (атипичность), не рассчитана на больных подростково-юношеского возраста.

Примерно такие же результаты получены по шкале самооценки депрессии Цунга. По этой шкале депрессивные проявления начинаются, если общий показатель выше 50 баллов.

*Младшая возрастная группа*

У больных 1-й группы на 15-й день – 42,2 ± 8,0; на 22-й – 38,5 ± 8,5; на 30-й – 35,1 ± 11,5. У больных контрольной группы на 15-й день – 39,3 ± 8,0; на 22-й – 37,3 ± 7,5; на 30-й – 32,8 ± 11,0.

*Старшая возрастная группа*

У больных 1-й группы на 15-й день – 40,4 ± 7,5; на 22-й – 39,5 ± 8,5; на 30-й – 36,1 ± 9,5. У больных контрольной группы на 15-й день – 41,6 ± 10,5; на 22-й – 39,7 ± 9,0; на 30-й – 36,9 ± 12,5.

Судя по приведенным показателям, использование шкалы Цунга также вряд ли оправданно, учитывая возраст пациентов и атипичность депрессивных проявлений при наркомании.

Иными оказались результаты выявления депрессивных переживаний с помощью опросника депрессии М. Ковач.

*Младшая возрастная группа*

У больных 1-й группы (напомним, что в эту группу вошли пациенты, получавшие ЛТ) на 15-й день конечный показатель составляет 42,2 ± 12,5; на 22-й – 40,4 ± 12,0; на 30-й день – 39,0 ± 11,5. Так как по данной шкале депрессия квалифицируется от уровня 56 и выше, то можно констатировать, что у больных этой группы депрессивных нарушений выявлено не было. У больных контрольной группы на 15-й день – 59,3 ± 16,0; на 22-й – 57,8 ± 16,0; на 30-й день – 57,3 ± 16,5.

*Старшая возрастная группа*

У больных 1-й группы на 15-й день конечный показатель 45,2 ± 16,5; на 22-й – 43,2 ± 14,5; на 30-й – 42,0 ± 14,0. У больных контрольной группы на 15-й день – 57,7 ± 16,0; на 22-й – 56,1 ± 16,0; на 30-й – 55,3 ± 16,5.

Таким образом, можно сделать вывод, что с помощью опросника М. Ковач у больных контрольной группы (в отличие от получавших ЛТ) выявляются легко выраженные депрессивные нарушения, что можно объяснить специальной разработанностью опросника для детей и лиц подростково-юношеского возраста (задаваемые пациенту вопросы адаптированы к исследуемому возрастному контингенту).

Также проведено исследование у больных уровня реактивной тревожности с помощью шкалы самооценки Спилбергера–Ханина. Результаты показывают, что, как и в случае со шкалами депрессии Гамильтона и Цунга, повышение уровня аффективных проявлений (в данном случае реактивной тревожности) не выявляется ни в одной из групп, если учитывать, что, согласно шкале, высокая реактивная тревожность квалифицируется по конечному показателю 46 и более.

*Младшая возрастная группа*

В 1-й группе больных на 15-й день показатель составляет 29,7 ± 7,5; на 22-й – 27,7 ± 7,0; на 30-й – 26,4 ± 7,0. У больных контрольной группы на 15-й день – 29,3 ± 7,5; на 22-й – 28,5 ± 7,5; на 30-й день – 27,7 ± 8,5.

*Старшая возрастная группа*

В 1-й группе на 15-й день показатель 28,0 ± 4,5; на 22-й – 24,7 ± 4,5; на 30-й – 23,4 ± 4,5. У больных контрольной группы на 15-й день – 30,3 ± 8,0; на 22-й – 30,3 ± 8,0; на 30-й – 29,7 ± 8,5.

### *Влияние ЛТ на длительность и качество ремиссий*

Больные, получавшие наряду с традиционным лечением ЛТ и в последующем после выписки из стационара наблюдавшиеся амбулаторно, обнаруживают более чёткую установку на воздержание от наркотиков. Большинству пациентов (12 человек), вошедших в группу, получавшую ЛТ, были проведены повторные курсы лечения спустя 3 месяца после выписки из стационара. Это было обусловлено тем, что 6 человек (со слов родственников) вновь начали наркотизироваться и отказались от процедур, а двое постепенно перешли на употребление алкогольных напитков и также выпали из поля зрения. В даль-

нейшем, ещё через 3 месяца, аналогичные процедуры были проведены уже у 7 из 20 человек (ещё 7 человек возобновили приём наркотиков и один стал злоупотреблять алкоголем). Таким образом, ремиссия в 6 месяцев благодаря проведению повторных курсов ЛТ была достигнута у 35% обследуемых больных основной группы.

Больные контрольной группы показали более скромные результаты. Через 3 месяца уже 9 человек из 20 наркотизировались и 3 человека употребляли алкогольные напитки. К 6-му месяцу наблюдения лишь 5 человек из 20 продолжали вести трезвый образ жизни, показав тем самым 20-процентную ремиссию.

Таким образом, можно отметить, что комбинированное лечение больных героиновой наркоманией с подключением ЛТ оказывается в определённом преимуществе перед традиционным лечением. Отмечается более быстрая нормализация состояния пациентов в процессе купирования абстинентного синдрома и меньшая выраженность аффективных колебаний в картине постабстинентного состояния. Немаловажен и тот факт, что назначение больным, находящимся на амбулаторном наблюдении, повторных курсов ЛТ способствует повышению сроков и качества ремиссии, что в определённой степени положительно отражается на прогнозе заболевания.

### *Биохимические и иммунологические аспекты эффективности ЛТ*

Для оценки действия лазерного излучения на органы и системы проведено клинико-биохимическое исследование динамики показателей крови. Как уже указывалось, учитывая наличие у всех больных вирусных гепатитов, наблюдали динамику сывороточных трансаминаз (АлАТ, АсАТ, γ-ГТП). Также, принимая во внимание дефицит антиоксидантной защиты организма у больных героиновой наркоманией, исследовали показатели уровня эндогенного токоферола. Забор крови осуществляли на 1, 15 и 30-й дни лечения.

В ходе исследования была выявлена определённая закономерность динамики АлАТ и АсАТ. В начале лечения уровень трансаминаз у всех больных был повышенным, что можно объяснить как следствием хронической героиновой интоксикации, так и наличием парентеральных вирусных гепатитов (при этом гепатит С, как правило, протекающий в хронической форме, отличается высокой репликативной активностью вируса). В первый день лечения уровень АлАТ у больных 1-й группы (при норме 18,6 ± 2,3 Ед/л) составил 42,7 ± 15,8 и далее продолжал понижаться – 32,4 ± 13,8; 31,3 ± 12,8 в 15-й и 30-й дни лечения соответственно (рис. П38). У больных контрольной группы такой чёткой динамики обнаружено не было (72,6 ± 24,5; 67,1 ± 27,8; 96,8 ± 29,1). Замечено, что уровень АсАТ также к 30-му дню лечения приближается к норме (21,9 ± 1,1 Ед/л) – 30,4 ± 7,6; 36,0 ± 11,7; 22,5 ± 9,5 у больных 1-й группы и 76,7 ± 26,1; 53,4 ± 19,7; 76,6 ± 17,2 у больных контрольной группы. Однако в отношении динамики показателей γ-ГТП (при норме 17,8 ± 3,1 Ед/л) такая закономерность не обнаруживается. У 1-й группы 33,9 ± 15,3; 45,5 ± 15,1; 48,3 ± 10,4; контрольной – 51,9 ± 13,1; 71,0 ± 22,2; 90,0 ± 27,7.

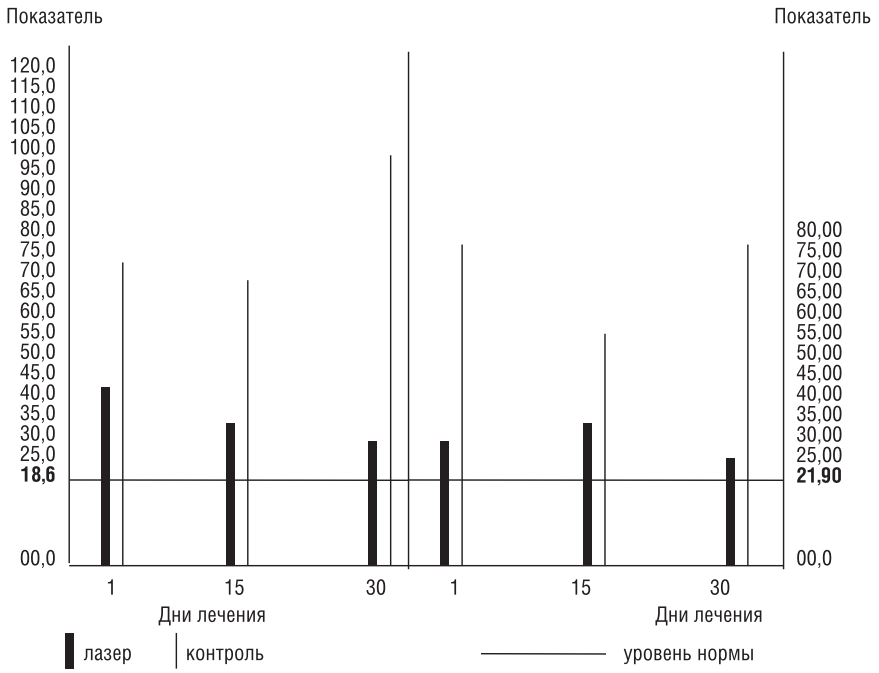



*Рис. П38.* Сравнительная оценка динамики активности АлАТ (слева) и АсАТ (норма 18,6 ± 2,3 и 21,9 ± 1,1 Ед/л соответственно) ($p < 0,05$)

Как известно, функции антиоксидантной системы организма при любой хронической интоксикации, в том числе при героиновой наркомании, значительно ингибируются, что отражается в понижении уровня эндогенного токоферола. Однако при назначении больным основной группы ЛТ замечается отчётливое повышение его уровня в организме. У 1-й группы – 6,5 ± 2,5; 7,5 ± 2,2; 8,8 ± 3,0 мкмоль/л; контрольной – 6,2 ± 2,4; 6,3 ± 1,9; 6,6 ± 2,8. Хотя, учитывая уровень нормы токоферола в крови 10,5 мкмоль/л, к 30-му дню терапии во всех группах полной нормализации антиоксидантной системы не обнаруживается (рис. П39).

На момент госпитализации у больных наблюдался выраженный дефицит различных звеньев иммунитета – снижение общего количества лейкоцитов, ключевых регуляторных клеток специфического иммунитета – Т-хелперов или CD4, а также цитотоксических Т-лимфоцитов или CD8. Существенно ниже нормы оказался процентный и абсолютный уровень В-лимфоцитов (CD19), предшественников клеток-продуцентов антител, несколько снижен индекс их активированности по 5'-НТ. Значительной оказалась супрессия естественных киллерных клеток (NK-клеток или CD16), ответственных за антивирусную и антиопухолевую защиту организма.

Определённый дисбаланс обнаруживали и клетки фагоцитарной системы. Отмечалось уменьшение абсолютного содержания нейтрофилов и в то же

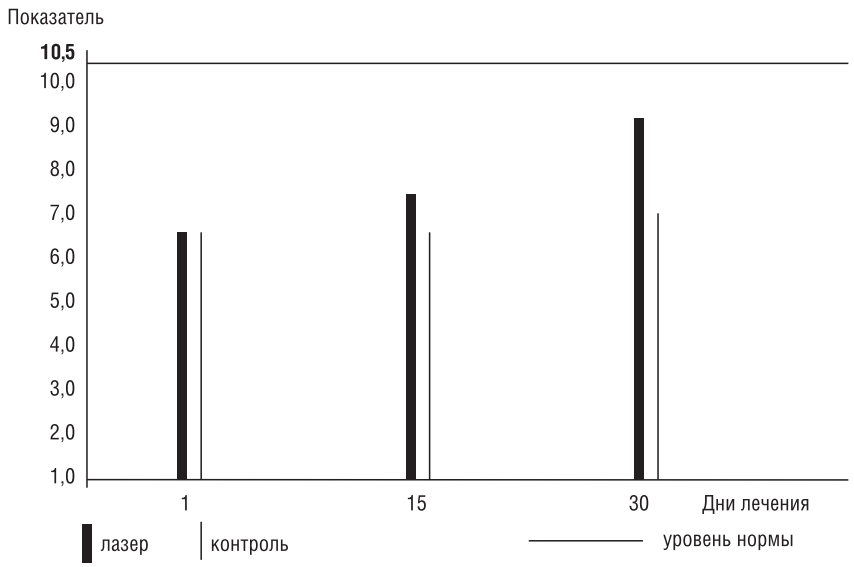



*Рис. П39.* Динамика токоферола (норма 10,5 мкмоль/л) ($p < 0,05$)

время повышение индекса сегментированности их ядер. Характерной особенностью иммуноцитограмм обследованных больных является заметно более частое, чем у здоровых лиц, обнаружение в мазках базофильных гранулоцитов, что, согласно работе Е.В. Кабановой с соавт. (2003), служит отличительной чертой носительства вирусных гепатитов В и С. Также ниже нормы оказался абсолютный уровень клеток макрофагоцитарного ростка – моноцитов.

Полученные результаты хорошо согласуются с данными В.А. Шарковой с соавт. (2003), которые при иммунологическом мониторинге больных наркозависимостью тоже нашли дефицит Т-хелперов, В-лимфоцитов, маркеров активации лимфоцитов и эффекторно-цитотоксического потенциала, то есть CD8 и CD16.

Снижение в лимфоцитах больных активности 5’-нуклеотидазы, одной из функций которой является регуляция баланса про- и антивоспалительных цитокинов, соответствует данным, полученным в эксперименте об уменьшении у мышей, подвергавшихся хроническим инъекциям героина, продукции антивоспалительных цитокинов ИЛ-4, ИЛ-10 и соответствующей гиперпродукции провоспалительных ИЛ-1, ИЛ-12 и гамма-интерферона. Известно, что ингибирование 5’-НТ приводит к накоплению экстраклеточного АТФ, который стимулирует продукцию микро- и макрофагами провоспалительных цитокинов и оксида азота, а также инициирует гибель клеток (апоптоз). Выявленное у больных сочетание дефицитов таких популяций иммуноцитов, как цитотоксические Т-эффекторы и NK-клетки, необходимые для распознавания и уничтожения клеток, поражённых вирусом, а также В-лимфоцитов, ответственных

за синтез специфичных к возбудителю антител, особенно неблагоприятно у носителей вирусов гепатита В и С.

В ходе традиционного лечения показатели иммуноклеточного статуса больных постепенно приблизились к нормальным величинам. Однако замечен достоверный ($p < 0,05$) дефицит NK-клеток, наиболее значимых для антивирусной защиты, и оставались несколько сниженными популяции CD4, CD8 и CD19, т. е. клеток, обеспечивающих специфический иммунный ответ в форме выработки антител и антител-зависимой цитотоксичности.

Добавление к традиционному лечению ЛТ сопровождается значительно более быстрой и интенсивной активацией иммунной системы. Уже на первый день применения ЛТ большинство показателей иммуноцитограммы у больных основной группы значительно превышали аналогичные параметры контрольной группы ($p < 0,05$).

Гиперактивацию иммунитета, вызываемую ЛТ, для данного контингента больных следует, видимо, расценивать как более благоприятный эффект, чем частичная нормализация показателей, отмечаемая при традиционном лечении. В группе ЛТ – единственной из всех трёх групп больных – была достигнута полная коррекция NK-клеток. Резкий прирост (превышающий норму примерно в 2 раза) цитотоксических Т-лимфоцитов и В-лимфоцитов может служить фактором, блокирующим размножение вирусов гепатита, поскольку репликация вируса обычно сочетается с дефицитом указанных клеточных популяций.

Усиление в Т- и В-лимфоцитах более чем в 3 раза гистохимической реакции на 5’-нуклеотидазу, служащей одним из маркеров зрелости и активации иммуноцитов, может рассматриваться как ещё одно подтверждение эффективной иммунной реакции, направленной на борьбу с вирусной инфекцией. Учитывая, что 5’-НТ потенцирует действие цитокинов, прежде всего антивоспалительных, можно предположить, что в результате ЛТ у больных усиливается антивоспалительная направленность иммунной реакции. Наконец, известно, что лимфоцитарную 5’-НТ часто используют как индикатор прооксидантно-антиоксидантного баланса организма. Показано, что 5’-НТ лимфоцитов снижается у больных с высоким прооксидантным статусом и нормализуется при приёме антиоксидантов. Поэтому активация лимфоцитарной 5’-НТ является ещё одним подтверждением того, что ЛТ способствует также стимуляции антиокислительной защиты организма больных героиновой наркоманией.

### *Психотерапевтический эффект ЛТ*

Данные исследований многих российских и зарубежных учёных убедительно свидетельствуют о несомненной эффективности ЛТ как современного и перспективного физиотерапевтического метода лечения наркомании на любых этапах, включая те, где только психотерапевтическая составляющая едва ли дала бы ощутимые результаты. В связи с этим в нашем исследовании была поставлена задача – определить, насколько НИЛИ присущ психотерапевтический эффект, с целью чего больным 2-й группы наряду с традиционным

лечением было подключено освечивание светодиодами (матрица МСО3), которое хоть и аналогично по спектру лазерному, но не обладает физическими и лечебными характеристиками последнего.

Установлено, что все больные 2-й группы, получавшие наряду с фармакотерапией освечивание светодиодной матрицей, по общему клиническому впечатлению не обнаруживают существенных различий в динамике симптомов по сравнению с больными контрольной группы. Так, не выявлено разницы в редукции алгической симптоматики, которая редуцируется к 5-му дню лечения.

Также с одинаковой динамикой редуцируются диссомнические и соматовегетативные расстройства.

Нивелирование аффективных нарушений у больных «светодиодной» группы отмечается в среднем на 5 дней раньше (у контрольных больных они в той или иной степени остаются вплоть до 30-го дня лечения) (рис. П40).

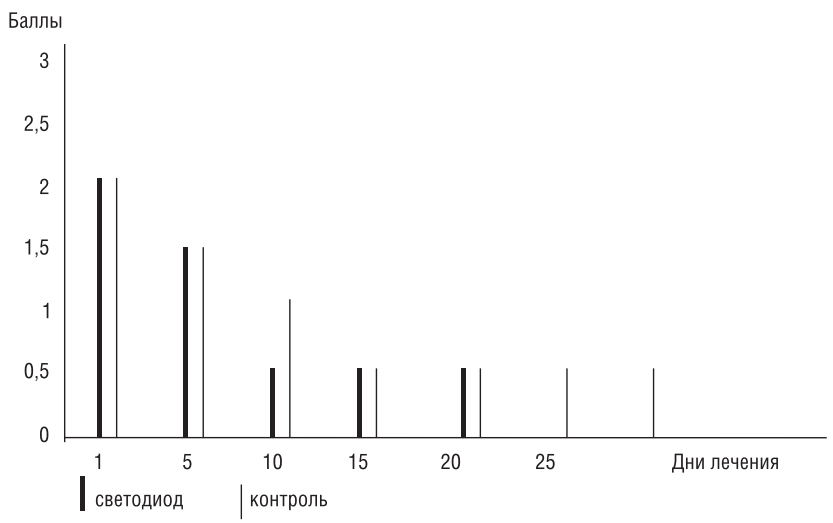



*Рис. П40.* Редукция аффективных проявлений (обе возрастные группы) ($p < 0,05$)

Следует заметить, что в целом отношение к лечению у больных, получающих СИД-освечивание, по крайней мере на начальном этапе, можно охарактеризовать как более позитивное, нежели у больных контрольной группы. Многие из них проявляли определённую заинтересованность в новом для них методе, расспрашивали о его свойствах, возможной эффективности, надеялись, что с его помощью тягостные ощущения закончатся быстрее – то есть заметен эффект косвенного (опосредованного) внушения, который, однако, вряд ли можно идентифицировать с простым плацебо-эффектом.

Как уже указывалось, для объективизации данных исследования эффективности ЛТ использованы помимо шкалы общего клинического впечатления

шкала депрессии Гамильтона, шкала самооценки депрессии Цунга, шкала самооценки Спилбергера–Ханина, а также опросник депрессии М. Ковач. При этом первые три шкалы не выявляют какой-либо значимой разницы в динамике аффективных переживаний в сравнении между группами, а при использовании опросника М. Ковач обнаруживаются те или иные депрессивные проявления у больных 2-й (светодиодной) и 3-й (контрольной) групп в отличие от больных, получавших ЛТ. Причём депрессивные проявления отмечаются лишь у больных 2-й группы старшего возраста.

*Младшая возрастная группа*

У больных 2-й группы конечный показатель на 15-й день составляет 52,7 ± 16,5; на 22-й день – 50,3 ± 17,5; на 30-й – 50,0 ± 18,0. Как уже указывалось, у больных контрольной группы этот показатель составляет 59,3 ± 16,0; 57,8 ± 16,0 и 57,3 ± 16,5 соответственно.

*Старшая возрастная группа*

У больных 2-й группы конечный показатель на 15-й день составляет 60,0 ± 16,0; на 22-й – 62,6 ± 17,0; на 30-й – 60,4 ± 17,0. У больных контрольной группы – 57,7 ± 16,0; 56,1 ± 16,0; 55,3 ± 16,5.

При оценке динамики биохимических показателей плазмы крови у больных обеих групп обнаруживается повышенный уровень сывороточных трансаминаз на протяжении всего курса стационарного лечения. Так, уровень АлАТ у больных 2-й группы в 1-й день лечения составляет 42,8 ± 17,3; на 15-й – 63,8 ± 10,2; на 30-й – 64,7 ± 15,4 (у контрольных больных – 72,6 ± 14,5; 67,1 ± 17,8 и 96,8 ± 19,1 соответственно). Уровень АсАТ у больных 2-й группы – 48,8 ± 13,4; 43,3 ± 10,2; 44,7 ± 11,6 (у контрольных – 76,7 ± 11,1; 53,4 ± 19,7; 76,6 ± 17,2) (рис. П41).

Уровень γ-ГТП у больных 2-й группы – 27,1 ± 10,8; 49,8 ± 17,0; 41,9 ± 18,1 (у контрольных больных – 51,9 ± 13,1; 71,0 ± 12,2; 90,0 ± 17,7).

Наоборот, пониженный уровень токоферола у больных 2-й группы (6,8 ± 2,5; 6,3 ± 2,0; 7,7 ± 2,8) и у контрольных (6,2 ± 2,4; 6,3 ± 1,9; 6,6 ± 2,8) свидетельствует о недостаточном функционировании антиоксидантной системы.

Что касается динамики иммунологических показателей, то при исследовании иммуноцитограммы не замечено положительной динамики у больных, получавших СИД-освечивание. Более того, в этой группе больных к концу лечения признаки иммунодефицита углубились и расширились, охватывая уже все популяции и субпопуляции лимфоцитов, а также клетки фагоцитарной системы.

Применение СИД-освечивания в амбулаторных условиях, направленное на повышение сроков и качества ремиссий, показывает большую результативность, чем у больных контрольной группы. Так, через 3 месяца после выписки из стационара 11 человек из 20 продолжали вести трезвый образ жизни (7 человек возобновили наркотизацию, а 2 человека начали злоупотреблять алкоголем). К 6-му месяцу амбулаторного наблюдения только у 6 человек наблюдалась ремиссия (10 наркотизировались и 4 алкоголизировались). Та-

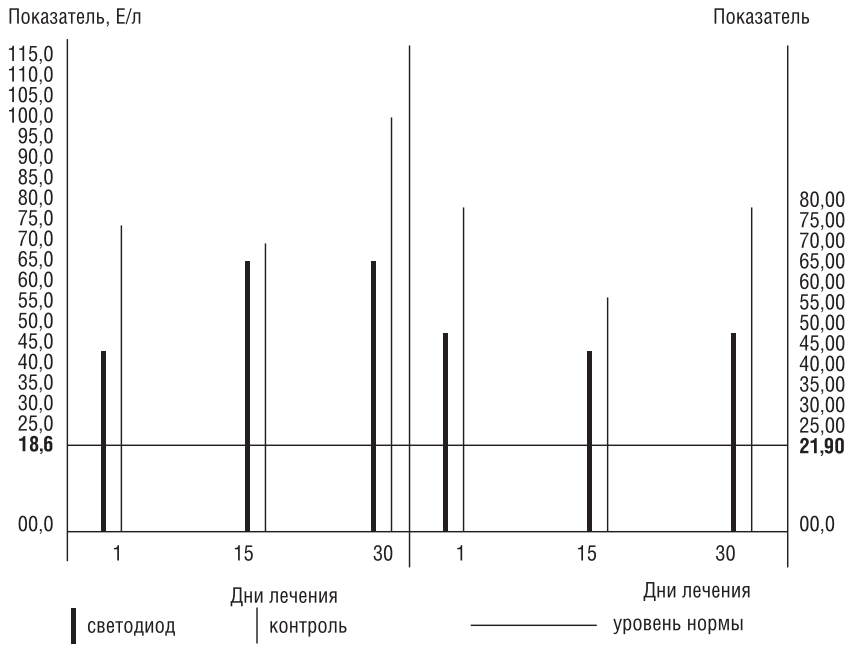



*Рис. П41.* Сравнительная оценка динамики активности АлАТ (слева) и АсАТ (норма 18,6 ± 2,3 и 21,9 ± 1,1 Ед/л соответственно) ($p < 0,05$)

ким образом, во 2-й группе ремиссия составила 30% (как уже указывалось, в контрольной группе этот показатель составил 20%).

Оценивая роль психотерапевтической составляющей лазерного излучения в сравнении с вариантом СИД-освечивания, можно сказать, что основной мишенью психотерапии являются многочисленные астеноподобные и аффективные нарушения, характерные как для абстиненции, так и для постабстинентного состояния. При этом по общему впечатлению отношение больных к лечению, получавших СИД-освечивание, в целом можно охарактеризовать как более позитивное, нежели у больных контрольной группы, что объясняется как заинтересованностью их в новом виде лечения, так и более интенсивным контактом врача с пациентом. Позитивной настроенности отчасти способствуют повторные курсы светодиодного освечивания, эффект от которых хоть и незначительный, но тем не менее определяющий несколько более длительные и качественные ремиссии по сравнению с больными контрольной группы.

Таким образом, разница между полученными данными в сравнении между группой больных, получавших СИД-освечивание, и контрольной видна лишь по общему клиническому впечатлению, тогда как объективные показатели, полученные в ходе использования шкал и опросников, а также данные клинико-биохимического и клинико-иммунологического исследований не отражают какой-либо положительной динамики. Следовательно, наличие и степень

психотерапевтического эффекта лазерного излучения могут быть расценены лишь как результат субъективного восприятия больными применяемого к ним метода лечения в сочетании с индивидуальным психотерапевтическим контактом врача с пациентом.

Проведённое исследование показывает, что на сегодняшний день подключение лазерной терапии к комплексному лечению больных героиновой наркоманией подростково-юношеского возраста является весомым фактором, способствующим повышению эффективности проводимых мероприятий и снижению резистентности к применяемым в настоящее время медикаментозным и нелекарственным средствам.

В комплексном лечении героиновой наркомании у больных подростково-юношеского возраста лазерная терапия является эффективным дополнительным способом купирования острого абстинентного синдрома уже с первого сеанса, что представлено клинико-психопатологическими, клинико-биохимическими и клинико-иммунологическими данными. Подключение в дальнейшем лазерной рефлексотерапии с использованием акупунктурной насадки А-3 смягчает многочисленные аффективные симптомы, характерные для абстинентного и постабстинентного состояний.

Положительные сдвиги в динамике состояния пациентов, которые были описаны (включая данные клинико-биохимического и клинико-иммунологического исследований), позволяют рекомендовать значительное снижение дозировок психотропных средств (особенно при лёгких вариантах течения абстиненции).

Больные, получавшие только традиционное лечение или СИД-освечивание (психотерапия), на этапе редукции острого абстинентного состояния в условиях актуализации патологического влечения к наркотику обнаруживают аффективные нарушения той или иной степени выраженности. Как правило, к 10–15-му дню курса они начинают тяготиться пребыванием в отделении, формально относятся, а в ряде случаев активно отказываются от продолжения лечения. ЛТ в сочетании с лазерной рефлексотерапией позволяет смягчить эти проявления и избежать прогрессирования аффективной симптоматики.

Обнаружена определённая эффективность ЛТ как средства, способствующего удлинению сроков ремиссии и повышению её качества за счёт проведения повторных противорецидивных курсов.

В стационарных условиях наиболее предпочтительно подключение ЛТ к традиционному лечению уже в первый день обращения пациента. При лёгкой степени выраженности опийного абстинентного синдрома рекомендуется следующая методика проведения ЛТ (АЛТ «Матрикс»): первые 5 дней осуществляют НЛОК в проекции подключичной вены излучающей головкой МЛ01КР (длина волны 635 нм) с частотой следования импульсов 80 Гц, мощностью 30–40 Вт и экспозицией 5 мин по контактной методике. Одновременно матричной лазерной излучающей головкой МЛ01К (904 нм) с магнитной насадкой ММ-50, импульсная мощность 40–50 Вт, производят освечивание

участков печени, поджелудочной железы, подвздошных областей и верхнего шейного симпатического узла с экспозицией по 2 мин на каждую зону. При средней степени тяжести абстиненции экспозицию лазерного воздействия в методике неинвазивного лазерного освечивания крови увеличивают до 10 мин, остальные параметры остаются прежними.

В случае выраженных алгических расстройств применяют локальное освечивание болевых зон (в зависимости от локализации боли, как правило, в областях крупных суставов и поясницы) матричной лазерной излучающей головкой МЛ01К (904 нм) с магнитной насадкой ММ50. Частота следования импульсов 150 Гц, мощность 50–60 Вт, экспозиция до 2 мин на каждое поле (на область сустава следует воздействовать с разных сторон). В течение последующих 5 дней аналогичные процедуры проводят через день и вне зависимости от тяжести абстинентных проявлений дополняют лазерной стимуляцией точек базового рецепта.

При правильном проведении процедур ЛТ можно уменьшить традиционно используемые дозировки фармакологических препаратов. Так, например, для купирования выраженных алгических проявлений можно рекомендовать трамадол в дозе не более 100 мг в сутки, для коррекции психопатологических расстройств – тиоридазин до 100 мг в сутки, левомепромазин до 25 мг в сутки, диазепам внутримышечно по 2–4 мл в сутки. В дальнейшем с целью коррекции постабстинентных аффективных нарушений можно применять зуклопентиксол по 20–30 мг в сутки, а также тразодон по 50–100 мг в сутки.

С целью достижения длительных и качественных ремиссий обязательно следует проводить повторные курсы ЛТ по той же схеме, которая описана выше в сочетании с традиционными психотерапевтическими и психокоррекционными мероприятиями. Тактика наблюдения и профилактики определяется индивидуально для каждого пациента. Обычно первый повторный курс проводят примерно через 3 мес. после завершения основного, второй через 6 мес. и так далее до закрепления ремиссии.

Впервые при лечении героиновой наркомании использован метод надвенного лазерного освечивания крови с помощью лазерной импульсной излучающей головки красного спектра (635 нм), что дало более выраженный клинический эффект, нежели при использовании аналогичного излучателя, работающего в непрерывном режиме.

Оценена степень психотерапевтического эффекта лазерной терапии с помощью методики светодиодного освечивания, близкого по спектру к лазерному, но не обладающего при этом аналогичными лечебными свойствами.

Следует отметить, что включение лазерной терапии в комплекс лечебно-профилактических мероприятий в перспективе способно значительно сократить сроки пребывания пациентов в стационаре за счёт менее длительного медикаментозного лечения и более быстрой редукции соматоневрологических и психопатологических проявлений, диктующих необходимость круглосуточ-

ного наблюдения за больными. В свою очередь, на фоне общего снижения дозировок препаратов пациенты не так сильно ощущают чувство своеобразной «загруженности», выраженности аффективных переживаний, что, безусловно, должно положительно отразиться на общем их настроении и поведении в условиях стационара.

С экономической точки зрения немаловажен и тот факт, что подключение лазеротерапии способно снизить стоимость лечения за счёт как сокращения сроков пребывания больного в стационаре, так и за счёт снижения расходов на медикаменты и уменьшения необходимости привлечения дополнительных методик и специалистов.

## *Импульсное лазерное излучение красного спектра (635 нм) в гинекологической практике (соавт. Г.Р. Смолина)*

Лечение больных хроническими эндометритами продолжает вызывать затруднения, пока не найдены достаточно эффективные лечебные схемы. Современные методы комплексного лечения, включая антибиотикотерапию, эффективные в ряде случаев, меж тем далеко не всегда применимы, особенно при блокировании генерализации инфекционного процесса. Кроме этого, возрастает число больных, имеющих склонность к аллергическим реакциям на многие препараты. ЛТ достаточно давно и успешно используется в комплексной терапии данного заболевания, всеми клиницистами, например, отмечается факт снижения в разы дозы приёма антибиотиков. Однако применяемые ранее методы, такие как ВЛОК красным непрерывным лазером и интравагинальное освечивание (с помощью специальных насадок) инфракрасным импульсным лазером, не гарантировали наилучшего результата. Нами впервые было предложено применить в методике ЛТ импульсные лазеры красного спектра, и в ходе клинических исследований получено подтверждение эффективности такого способа воздействия [Москвин С.В., Смолина Г.Р., 2007, 2008].

Применяли АЛТ «Матрикс» с матричной лазерной излучающей головкой МЛ01КР (длина волны 635 нм, суммарная импульсная мощность не менее 35 Вт от 8 лазерных диодов, длительность светового импульса 150 нс) наружно, контактно, частота 80 Гц, время процедуры 2 или 5 мин (чаще последнее), на курс 7–10 сеансов. Лечение проводили на фоне приёма антибиотиков в сниженной дозе.

Эффективность комплексного лечения больных с хроническим эндометритом (ХЭ) оценивали по клинической картине, общим клиническим анализам, результатам биохимических, иммуногистохимических показателей (СД 20, СД 45, СД 23, СД 30, ТДТ, СД 68), микробилогических (условно-патогенных и патогенных микроорганизмов), ультразвуковыми методами исследования,

включающими двухмерную эхографию и цветное доплеровское картирование. Применяли как лазерное воздействие, так и традиционную терапию. Доплерометрией определяли скорость кровотока в маточных сосудах и спиральных артериях с подсчётом угла независимых показателей систем систоло-диастолического отношения, индекса резистентности и пульсационный индекс. Наличие патологических процессов матки оценивали по изменению скорости кровотока в правой и левой маточной артерии путём качественного анализа показателей.

В течение 7 мес. обследовались 30 женщин от 18 до 35 лет и 10 пациенток в группе сравнения (стандартное лечение). Индекс резистентности в маточной артерии на 5–7-й день меструального цикла (МЦ) до лечения – 0,95 ± 0,2, после лечения – 0,88 ± 0,2; на 24-й день менструального цикла до лечения – 0,93 ± 0,2, после лечения – 0,85 ± 0,2. Индекс резистентности в спиральной артерии на 5–7-й день МЦ до лечения – 0,65 ± 0,4, после лечения – 0,55 ± 0,4; на 24-й день МЦ до лечения – 0,63 ± 0,2, после лечения – 0,52 ± 0,1. У пациентов контрольной группы такой положительной динамики не наблюдалось. Сравнительные бактериоскопические исследования показали, что эффективность комплексного лечения значительно выше, чем только методами фармакотерапии. До лечения как в основной группе, так и в группе сравнения имелись в различных пропорциях: грамположительные и грамотрицательные палочки, трихомонады, кокки и другая патогенная флора. В основной группе после лечения в 29 случаях из 30 (96,7%) был достигнут положительный результат лечения (отсутствие патогенной флоры), тогда как в контрольной группе – только в 6 случаях из 10 (60%). Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности предложенного метода лечения.

В расширенные исследования на втором этапе были включены 120 женщин, в комплексном лечении которых использовали низкоинтенсивное импульсное лазерное излучение красного спектра с помощью аппарата «Матрикс» по оригинальной методике; группу сравнения составили 20 пациенток, лазерная терапия которым не применялась. Для диагностики эндометрита использованы гистологические и иммуногистохимические методы с определением лизоцима, макрофагов CD68, маркера эндотелиальных клеток CD31, киллерные клетки CD56+, CD16+ и маркер активации – HLA-DR+ II класса. Для оценки микрофлоры эндометрия использовали культуральный метод, полимеразную цепную реакцию. Было подтверждено, что при лечении хронического эндометрита красный матричный импульсный лазер оказывает выраженный противовоспалительный, иммунокорригирующий и вазоактивный эффекты [Мальцева Л.И, Смолина Г.Р., 2012].

В процессе лечения красным импульсным лазером по сравнению с исходными данными снизилось среднее значение величины углонезависимых индексов кривых скоростей кровотока в маточных и спиральных артериях у подавляющего большинства женщин, что свидетельствовало о восстановлении кровотока в матке (табл. П12).

*Таблица П12*

**Показатели кровотока в маточной и спиральных артериях у женщин с ХЭ до и после лечения красным матричным импульсным лазером (M ± m)**

| Артерии | IR до лечения (n = 120) | IR с ЛТ (n = 120) | IR без ЛТ (n = 20) | CDO до лечения (n = 120) | CDO с ЛТ (n = 120) | CDO без ЛТ (n = 20) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Маточная артерия | 1,09 ± 0,02 | 0,7 ± 0,02** | 0,97 ± 0,02 | 3,9 ± 0,03 | 3,0 ± 0,02** | 3,7 ± 0,02* |
| Спиральные артерии | 0,69 ± 0,02 | 0,5 ± 0,02** | 0,63 ± 0,02 | 2,9 ± 0,04 | 2,3 ± 0,02** | 2,8 ± 0,02* |

*Примечание.* * – разница достоверна ($p < 0,05$) по сравнению с данными до лечения; ** – разница достоверна ($p < 0,05$) по сравнению с результатами после ЛТ.

Позитивные результаты были получены и при оценке микрофлоры эндометрия (табл. П13) спустя 1,5 мес. после комплексной терапии с использованием красного матричного импульсного лазера. У 96,9% женщин эндометрий оказался стерильным, лишь у 3 (3,1%) сохранилась персистенция уреаплазм. В группе больных, не получавших лазерной терапии, инфицирование эндометрия условно-патогенной и патогенной микрофлорой сохранилось у 13 из 16 женщин, несмотря на использование антибактериальных и противовирусных средств. Как следует из табл. П13, уреаплазменная инфекция оказалась наиболее устойчивой к воздействию красного матричного импульсного лазера (635 нм).

*Таблица П13*

**Характер и частота инфицирования эндометрия у женщин до и после терапии красным матричным импульсным лазером (абс., %)**

| Микроорганизмы | До лечения (n = 112) | После лечения лазером (n = 96) | Без применения лазера (n = 16) |
|---|---|---|---|
| Анаэробные лактобациллы | 7 (6,2) | – | – |
| *Bacteroides* | 6 (5,4) | – | 2 (12,5) |
| Анаэробные грамположительные кокки | 9 (8,0) | – | 2 (12,5) |
| *Enterococcus faecalis* | 17 (15,1) | – | 1 (6,2) |
| *E. coli* | 8 (7,1) | – | – |
| *Staphylococcus* | 25 (22,3) | – | 2 (12,5) |
| *Streptococcus* | 7 (6,2) | – | 1 (6,2) |
| *Campilobacter fetus* | 2 (1,8) | – | – |
| *U. urealiticum,* | 21 (18,7) | 3 (3,1) | 2 (12,5) |
| *M. genitalium* | 29 (25,9) | – | – |
| *Herpes virus* | 27 (24,1) | – | 2 (12,5) |
| *Chi. trachomatis* | 22 (19,6) | – | 1 (6,2) |
| *Candida albicans* | 12 (10,7) | – | – |

Доказательством успешной терапии красным матричным импульсным лазером (635 нм) явились результаты иммуногистохимического (ИГХ) анализа: в строме эндометрия выявлялись единичные макрофаги, лежащие диффузно среди клеток стромы, реакция на лизоцим после лечения стала менее интенсивной. Лейкоциты, позитивные к лизоциму, выявлялись вокруг желёз и только в функциональном слое эндометрия.

Маркер эндотелиальных клеток CD31 после воздействия лазером определяли в небольших количествах (9–10 клеток в поле зрения), при этом сосуды имели линейный ход. После проведённого курса лазерной терапии признаков хронического аутоиммунного эндометрита обнаружено не было, число CD56 не превышало 5–7 клеток в поле зрения.

ИГХ-исследование эндометрия у 20 женщин, не получавших лечения лазером, показало, что в строме эндометрия сохранялись немногочисленные воспалительные инфильтраты из круглоклеточных лимфоидных элементов, формирующих фолликулоподобные структуры в виде скоплений практически у всех больных. Макрофаги CD68 по 20–30 клеток располагались на разных уровнях, большое их скопление отмечалось в воспалительных инфильтратах, маркер CD31 обнаруживался на 20–30 клетках в поле зрения, микрососуды располагались хаотично, обнаруживались единичные плазматические клетки. У 10 женщин определялось повышение числа CD16, что свидетельствовало о хроническом эндометрите, у 6 сохранились признаки хронического воспаления с аутоиммунным компонентом и лишь у 4 данных за эндометрит обнаружено не было. Средние данные числа исследуемых лимфоцитов в динамике лечения представлены в табл. П14 [Мальцева Л.И, Смолина Г.Р., 2012].

*Таблица П14*

**Результаты ИГХ-определения лимфоцитов у женщин с ХЭ в динамике до и после лечения красным матричным импульсным лазером (635 нм)**

| Число клеток в поле зрения | CD56* | CD16* | CD68 | CD31 |
|---|---|---|---|---|
| До лечения (n = 40) | 42,1 ± 1,2 | 25,6 ± 3,2 | 42,5 ± 2,3 | 27,2 ± 2,7 |
| После ЛТ (n = 20) | 6,8 ± 0,8* | 7,0 ± 0,7* | 8,6 ± 0,6* | 8,1 ± 0,5* |
| После лечения без ЛТ (n = 20) | 38,5 ± 2,62 | 19,8 ± 1,9 | 25,2 ± 2,3 | 23,1 ± 1,2 |

*Примечание.* * – разница достоверна ($p < 0,05$) по сравнению с данными до лечения.

Анализ отдалённых результатов применения низкоинтенсивного импульсного лазерного излучения красного спектра (635 нм) в комплексном лечении хронического эндометрита подтвердил стабильность достигнутого лечебного эффекта, ни у кого из пациенток группы исследования не было выявлено в дальнейшем осложнений и рецидивов заболевания [Смолина Г.Р., 2012].

Позднее нами была разработана также комбинированная методика ЛТ матричной импульсной излучающей головкой красного спектра (635 нм) вибромагнитолазерного массажа аппаратом «Матрикс-Уролог» в гинекологической практике [Смолина Г.Р., Москвин С.В., 2009].

Показания: хронический сальпингоофорит, подострый сальпингоофорит, обострение хронического двустороннего сальпингоофорита с нарушением менструальной функции, хронический эндометрит, хламидиоз, мико- и уреаплазмоз.

Курс лечения проводится на фоне стандартной терапии, приводящейся в литературе для данного типа заболеваний. На курс 10 ежедневных сеансов в первой половине дня.

Предварительно проводится воздействие излучающей головкой МЛ01КР, аппарат лазерной терапии «Матрикс» (длина волны 635 нм, суммарная мощность не менее 35 Вт от 8 лазерных диодов, длительность импульсов 150 нс), частота 80 Гц, мощность максимальная, наружно, контактно, стабильно. На область проекции яичников симметрично по 2 мин, паравертебрально на пояснично-крестцовый отдел 1 мин.

Затем во влагалище вводится вибромагнитолазерная головка ВМЛГ-10 (АЛТ «Матрикс-Уролог») в пределах рабочей области и проводится вибромагнитолазерный массаж.

Параметры процедуры:

– лазерное излучение включено;
– частота модуляции лазерного излучения 10 Гц;
– амплитуда вибрации 20–30%;
– частота вибрации 2,4 Гц.

## *Импульсное НИЛИ красного спектра в стоматологии (соавт. А.В. Шидова)*

Красные матричные импульсные лазеры (излучающая головка ЛОК2 и матричная лазерная излучающая головка МЛ01КР для аппаратов «Матрикс») находят всё более широкое применение и в стоматологии, поскольку наши исследования убедительно показали безусловные преимущества данного режима лазерной терапии [Кречина Е.К. и др., 2008, 2009; Шидова А.В., 2007].

По данным А.В. Шидовой (2007), лазерная терапия, использующая лазерный свет разного спектра и в различных режимах воздействия, в лечении больных пародонтитом оказывает положительный клинический эффект, нормализует уровень тканевого кровотока в микроциркуляторном русле, который сохраняется в различные сроки отдалённых наблюдений. Применение импульсного НИЛИ красного спектра (излучающая головка ЛОК2, аппарат лазерной терапии «Матрикс») оказывает эффективное воздействие на пара-

метры микроциркуляции в тканях десны: уровень тканевого кровотока повышается на 11–18%, его интенсивность возрастает на 43–80%, вазомоторная активность микрососудов увеличивается в 1,8–2,0 раза, что нормализует уровень перфузии тканей кровью и повышает эффективность микроциркуляции на 44–89%.

Воздействие импульсным инфракрасным лазерным светом (890 нм) в меньшей степени нормализует микроциркуляцию – уровень кровотока повышается на 8–30%, его интенсивность – на 15–45%, вазомоторная активность микрососудов – на 18–70% при пародонтите лёгкой и средней степени, и повышает эффективность микроциркуляции на 15–18%. Использование непрерывного лазерного света красного спектра (635 нм) при лечении пародонтита лёгкой и средней степени повышает уровень кровотока на 11%, его интенсивность – на 90 и 45% соответственно и вазомоторную активность микрососудов – на 80 и 51% соответственно, что ведёт к нормализации гемомикроциркуляции в тканях пародонта и повышает эффективность микроциркуляции на 38–52% [Шидова А.В., 2007].

По данным лазерной доплеровской флоуметрии, воздействие НИЛИ различного спектра и режимов воздействия в лечении пародонтита усиливает механизмы активной и пассивной модуляции тканевого кровотока в системе микроциркуляции за счёт усиления миогенной активности микрососудов и снижения внутрисосудистого сопротивления, что ведёт к нормализации тканевого кровотока, и восстановления пассажа крови в микроциркуляторном русле, что способствует повышению уровня трофических процессов в тканях десны. Нормализация микроциркуляции при применении импульсного НИЛИ красного диапазона спектра наступает после 5-го сеанса лазерного воздействия и сохраняется при лечении пародонтита лёгкой и средней степени до 12 и 6 мес. соответственно. При использовании импульсного ИК-излучения эффект отмечается после 7-го сеанса лазеротерапии и сохраняется при лечении пародонтита лёгкой и средней степени до 6 и 3 мес. соответственно. Нормализация микроциркуляции при воздействии непрерывным НИЛИ красного спектра в тканях пародонта наступает после 9-го сеанса и сохраняется при лечении пародонтита лёгкой и средней степени до 6 и 3 мес. соответственно. Использование импульсного НИЛИ красного спектра в комплексном лечении больных пародонтитом наиболее эффективно нормализует микроциркуляцию в тканях пародонта при более длительном сохранении результата (табл. П15) [Кречина Е.К. и др., 2008, 2009; Шидова А.В., 2007; Шидова А.В., Москвин С.В., 2009].

Таким образом, НИЛИ красного диапазона спектра в импульсном режиме рекомендуется использовать для коррекции микроциркуляторных нарушений в тканях десны в комплексной терапии больных пародонтитом. Лечение с использованием лазерного излучения состоит из санации полости рта, удаления зубных отложений, назначения антисептического полоскания 0,6% раствором хлоргексидина, избирательного пришлифовывания окклюзионных соотноше-

*Таблица П15*

**Сроки сохранения результатов лечения (нормализация микроциркуляции в десне) в зависимости от вида НИЛИ**

| Характеристика НИЛИ | Сроки наблюдений, мес. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Пародонтит лёгкой степени | | | Пародонтит средней степени | | |
| | 3 | 6 | 12 | 3 | 6 | 12 |
| Импульсное инфракрасное (890 нм) | + | + | – | + | – | – |
| Непрерывное красное (635 нм) | + | + | – | + | – | – |
| Импульсное красное (635 нм) | + | + | + | + | + | – |

*Примечание.* (–) – эффект отсутствует; (+) – эффект сохранён.

ний зубных рядов (по показаниям) и воздействия красным лазерным светом в импульсном режиме.

Воздействие НИЛИ в импульсном режиме осуществляется в области десны фронтального участка и боковых отделов альвеолярного отростка верхней и нижней челюсти с помощью излучающей головки (ЛОК2) и специальной дугообразной насадки, повторяющей форму челюсти, или матричной лазерной излучающей головкой МЛ01КР контактно снаружи. Частота повторения импульсов 80 Гц, длина волны 635 нм, импульсная мощность до 5 Вт (ЛОК2) или 40 Вт (МЛ01КР), время экспозиции 2 мин в каждом участке. Курс лечения в среднем 5–7 процедур [Шидова А.В., 2007].

## *Сравнительная оценка влияния непрерывного и импульсного НИЛИ с длиной волны 635 нм на некоторые биохимические и гематологические показатели [Бхимсаин Р., Москвин С.В., 2011]*

В исследовании приняли участие в общей сложности 83 практически здоровых человека с нормальными показателями лабораторных анализов в возрасте от 20 до 40 лет. В группе С1, состоящей из 26 человек (13 мужчин и 13 женщин), проводили воздействие непрерывным НИЛИ (длина волны 635 нм, мощность 10 мВт, излучающая головка КЛО3, аппарат «Матрикс»). В группе С2, состоящей из 37 человек (23 мужчины и 14 женщин), проводили воздействие импульсным лазерным излучением (длина волны 635 нм, импульсная мощность 5 Вт, частота 80 Гц, длительность импульса 100 нс, средняя мощность 0,04 мВт, излучающая головка ЛОК2, аппарат «Матрикс»). Воздействие проводили ежедневно в течение 8 дней по контактно-зеркальной методике на синокаротидную зону с экспозицией 1 мин симметрично. Контрольную группу (D) составили 20 добровольцев, которым имитировалось воздействие лазером (не включался канал).

План исследования был одобрен этическим комитетом, все исследования проводились при наличии информированного добровольного письменного согласия участников. Ежедневно контролировали изменение гематологических и биохимических параметров стандартными методами. Работники лаборатории, которые оценивали результаты гематологических и биохимических параметров, не были осведомлены, к какой группе принадлежал тот или иной испытуемый, а медработники, которые проводили освечивание, не участвовали в оценке результатов, чтобы исключить субъективный фактор.

С помощью статистического метода парного *t*-теста для социальных наук (SPSS версия 18) были оценены результаты до и после лазерного воздействия. Для тестирования принимали во внимание ошибку альфа в 5%.

Средние результаты обработки полученных параметров с помощью парного теста *t* в группах C1, C2 и в контрольной группе D представлены в табл. П16.

Повышение уровня гемоглобина и увеличение в подсчёте красных кровяных телец наблюдалось как в группе C1, так и в группе C2 при сравнении с контрольной группой. Но повышение гематокрита и уровня красных кровяных телец наблюдалось только в группе C2. В контрольной группе D никаких существенных изменений в гематологических параметрах не наблюдали.

Снижение общих липидов отмечалось в обеих группах – C1 и C2. Снижение триглицеридов отмечали только в группе C2. У испытуемых из группы C1 после освечивания была отмечена более выраженная тенденция к снижению липопротеидов высокой плотности.

Небольшое снижение липопротеидов очень низкой плотности отмечали в группе C2. Показатели мочевины, креатинина и сахара натощак в обеих испытуемых группах не имели каких-либо значимых изменений. В контрольной группе не было никаких клинически значимых изменений ни по одному из исследуемых параметров.

Показано, что импульсное лазерное излучение по сравнению с непрерывным НИЛИ с аналогичной длиной волны (635 нм) более эффективно влияет на гематокрит и липидный профиль. При этом средняя мощность излучения импульсного лазера в 250 раз меньше, чем у непрерывного, что доказывает бóльшую эффективность данного вида воздействия.

Кроме того, наблюдаемая нормализация изучаемых параметров свидетельствует о том, что «норма» – понятие относительное. Отчётливо видна тенденция к нормализации показателей на фоне лазерного воздействия в случае даже небольшого отклонения от нормы, ещё не сопровождающегося патологией. При этом НИЛИ в импульсном режиме выступает в роли более мягкого и эффективного корректора гомеостаза. На основании полученных данных можно сделать вывод о важности и необходимости проведения профилактических мероприятий в группе риска развития заболеваний кардиологического и неврологического профиля.

*Таблица П16*

**Гематологические и биохимические параметры до и после воздействия НИЛИ**

| Параметр | | Группа освечивания | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Группа C1 | Величина p | Группа C2 | Величина p | Группа D | Величина p |
| Гемоглобин (г/дЛ) | До | 12,81 ± 1,51 | <0,001 | 12,22 ± 1,56 | <0,001 | 13,51 ± 0,85 | <0,279 |
| | После | 13,06 ± 1,57 | | 12,44 ± 1,54 | | 13,54 ± 0,86 | |
| | Разн. | 0,25 ± 0,97 | | 0,22 ± 0,078 | | 0,03 ± 0,08 | |
| Подсчёт белых кровяных телец ($10^3$/мкл) | До | 8180,00 ± 315,52 | <0,027 | 7870,00 ± 630,78 | <0,014 | 8490,00 ± 1848,99 | <0,409 |
| | После | 8420,00 ± 370,58 | | 8270,00 ± 531,35 | | 8050,00 ± 718,40 | |
| | Разн. | 240,00 ± 287,58 | | 400,00 ± 416,33 | | –440,00 ± 1607,06 | |
| Гематокрит (%) | До | 40,70 ± 4,78 | <0,005 | 38,70 ± 4,62 | <0,015 | 42,30 ± 2,21 | <0,066 |
| | После | 41,30 ± 4,87 | | 39,20 ± 4,68 | | 43,00 ± 2,16 | |
| | Разн. | 0,60 ± 0,51 | | 0,50 ± 0,52 | | 0,70 ± 1,05 | |
| Подсчёт красных кровяных телец ($10^6$/мкл) | До | 4,18 ± 0,46 | <0,081 | 4,05 ± 0,57 | <0,010 | 4,48 ± 0,24 | <0,627 |
| | После | 4,21 ± 0,47 | | 4,12 ± 0,59 | | 4,45 ± 0,32 | |
| | Разн. | 0,030 ± 0,48 | | 0,07 ± 0,06 | | –0,03 ± 0,18 | |
| Тромбоциты ($10^3$/мкл) | До | 3,13 ± 1,08 | <0,238 | 2,86 ± 0,56 | <0,247 | 3,90 ± 0,82 | <0,748 |
| | После | 3,22 ± 0,99 | | 2,97 ± 0,47 | | 3,92 ± 0,81 | |
| | Разн. | 0,87 ± 0,21 | | 0,11 ± 0,29 | | 0,01 ± 0,14 | |
| СОЭ (мм/час) | До | 18,50 ± 6,25 | <0,001 | 15,00 ± 4,71 | <0,001 | 17,50 ± 4,85 | 1 |
| | После | 11,00 ± 3,94 | | 9,50 ± 2,83 | | 17,50 ± 4,85 | |
| | Разн. | 7,50 ± 4,85 | | 5,50 ± 3,68 | | 0,00 ± 0,001 | |
| Общие липиды, мг/дл | До | 653,00 ± 41,55 | <0,001 | 609,40 ± 52,12 | <0,001 | 629,20 ± 57,19 | <0,091 |
| | После | 621,20 ± 47,16 | | 566,60 ± 41,64 | | 609,00 ± 71,67 | |
| | Разн. | 31,80 ± 17,71 | | 42,80 ± 26,20 | | 20,20 ± 33,75 | |
| Холестерин, мг/дл | До | 188,20 ± 7,51 | <0,006 | 185,50 ± 5,44 | <0,007 | 193,50 ± 19,99 | <0,098 |
| | После | 183,30 ± 5,69 | | 178,40 ± 4,88 | | 187,40 ± 13,98 | |
| | Разн. | 4,90 ± 4,33 | | 7,10 ± 6,40 | | 6,10 ± 10,46 | |

| Параметр | | Группа освечивания | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Группа C1 | Величина p | Группа C2 | Величина p | Группа D | Величина p |
| Триглицериды, мг/дл | До | 141,70 ± 16,30 | <0,004 | 127,30 ± 22,33 | <0,002 | 137,00 ± 21,78 | <0,177 |
| | После | 128,00 ± 23,15 | | 104,90 ± 21,75 | | 129,10 ± 17,33 | |
| | Разн. | 13,70 ± 11,05 | | 22,10 ± 16,04 | | 7,90 ± 17,07 | |
| Холестерин высокой плотности, мг/дл | До | 47,30 ± 1,49 | <0,010 | 45,90 ± 2,02 | <0,057 | 46,40 ± 2,95 | <0,175 |
| | После | 45,30 ± 2,05 | | 44,60 ± 1,35 | | 40,18 ± 13,04 | |
| | Разн. | 2,00 ± 1,94 | | 1,30 ± 1,88 | | 6,22 ± 13,36 | |
| Холестерин низкой плотности мг/дл | До | 116,50 ± 5,56 | <0,108 | 116,90 ± 5,68 | <0,068 | 121,00 ± 23,12 | <0,342 |
| | После | 113,40 ± 4,37 | | 113,20 ± 6,57 | | 116,60 ± 10,87 | |
| | Разн. | 3,10 ± 5,48 | | 3,70 ± 5,63 | | 4,40 ± 13,87 | |
| Холестерин очень низкой плотности, мг/дл | До | 28,20 ± 3,01 | <0,016 | 26,30 ± 2,40 | <0,001 | 29,20 ± 6,67 | <0,119 |
| | После | 25,70 ± 4,71 | | 20,84 ± 4,29 | | 26,00 ± 2,94 | |
| | Разн. | 2,50 ± 4,52 | | 5,46 ± 3,00 | | 3,20 ± 5,86 | |
| Мочевина, мг/дл | До | 27,90 ± 9,01 | <0,115 | 32,20 ± 7,65 | <0,002 | 29,10 ± 7,29 | <0,178 |
| | После | 25,40 ± 6,29 | | 28,60 ± 6,16 | | 28,00 ± 5,53 | |
| | Разн. | 2,50 ± 4,52 | | 3,60 ± 2,67 | | 1,10 ± 2,37 | |
| Креатинин, мг/дл | До | 1,00 ± 0,17 | <0,907 | 1,09 ± 0,18 | <0,002 | 1,01 ± 0,18 | <0,114 |
| | После | 0,99 ± 0,76 | | 0,97 ± 0,11 | | 0,13 ± 0,99 | |
| | Разн. | 0,005 ± 0,13 | | 0,12 ± 0,93 | | 0,37 ± 0,06 | |
| Сахар крови натощак (мг/дл) | До | 87,80 ± 5,22 | <0,211 | 87,80 ± 6,35 | <0,138 | 85,20 ± 4,98 | <0,270 |
| | После | 85,10 ± 5,23 | | 85,10 ± 2,92 | | 83,00 ± 4,08 | |
| | Разн. | 0,00 ± 0,01 | | 0,00 ± 0,01 | | 0,00 ± 0,001 | |

# ПРИЛОЖЕНИЕ 4

## АППАРАТЫ ЛАЗЕРНЫЕ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ «ЛАЗМИК» И «ЛАЗМИК-ВЛОК»

### *Основные особенности аппаратов серии «Лазмик»*

- Расширенный диапазон частот до 10 000 Гц, что предоставляет широкие возможности по повышению эффективности лечения и применению новых методик.
- На частоте 10 000 Гц могут работать и импульсные лазеры.
- Таймер от 1 с до 90 мин с фиксированными значениями 2 и 5 мин, используемыми в большинстве методик лазерной терапии, что позволяет быстро и безошибочно выбрать нужный режим.
- Удобный разъём для подключения головок ЛАЗМИК®, имеющий разный цвет в зависимости от длины волны используемого лазера.
- Цветные ремешки крепления на руке лазерных излучающих головок для ВЛОК, что в совокупности с различием цвета разъёмов позволяет избежать ошибки при выборе длины волны проводимой процедуры.
- Оптоволоконные оптические насадки из кварцевого стекла позволяют доставить до 50% ИК-лазерного излучения (904 нм) в нужное место (насадки из пластика поглощают 100% ИК-излучения, их можно использовать только для красного спектра).
- Минимальный вес позволяет перемещать аппараты в любое отделение медицинского центра.
- Гарантия от производителя – 5 лет, в том числе на все импульсные лазерные излучающие головки.
- Возможность индивидуального подбора комплектации в зависимости от методик и области применения.
- В серии аппаратов «Лазмик» имеются варианты: с 2 лазерными каналами (модель 01), с 4 лазерными каналами (модель 02), с 1 лазерным и 1 вакуумным каналом (модель 03). Вариант исполнения с вакуумным каналом чаще всего задействуется в методиках лазерно-вакуумного массажа.

# *Техническое задание на аппарат лазерный физиотерапевтический «Лазмик-01» или «Лазмик-ВЛОК»*

| № | Параметр | Характеристика |
|---|---|---|
| **Аппарат лазерный терапевтический – 1 шт.** | | |
| **1.** | **Базовый блок** | |
| 1.1. | Количество каналов с независимой регулировкой параметров | 2 |
| 1.2. | Таймер, мин | Фиксированные значения: 2, 5 и «Н» (неограниченно). Диапазон регулирования произвольной экспозиции – от 1 секунды до 90 минут |
| 1.3. | Частота повторения импульсов лазерного излучения, Гц | Фиксированные частоты: 10, 80, 3000, 10 000. Диапазон регулирования частоты – от 0,5 до 10 000 |
| 1.4. | Габаритные размеры, мм, не более | 280 × 210 × 105 |
| 1.5. | Масса, кг, не более | 1,4 |
| 1.6. | Электропитание | Через сетевой адаптер 5 В, 3 А Напряжение 220 ± 22 В Частота 50 Гц |
| 1.7. | Мощность, потребляемая аппаратом, ВА, не более | 14 |
| 1.8. | Возможность внешней модуляции лазерного излучения | Наличие |
| **2.** | **Лазерные излучающие головки** | |
| 2.1. | Длина волны импульсного лазерного излучения, нм | 904 |
| 2.2. | Длина волны непрерывного лазерного излучения, нм | 635 |
| 2.3. | Мощность импульсного лазерного излучения, Вт, не менее | 15 |
| 2.4. | Мощность импульсного лазерного излучения (матричная излучающая головка), Вт, не менее | 60 |
| 2.5. | Мощность непрерывного лазерного излучения, мВт, не менее | 15 |
| 2.6. | Разъём подключения лазерной излучающей головки к аппарату выполнен по технологии ЛАЗМИК® и имеет цветовую дифференциацию в зависимости от длины волны | Наличие |
| 2.7. | Ремешок крепления лазерной излучающей головки для внутривенного лазерного освечивания крови имеет цветовую дифференциацию в зависимости от длины волны | Наличие |
| 2.8. | Отсутствие возможного контакта радиатора лазера у головки для внутривенного лазерного освечивания крови с телом пациента | Наличие |
| **3.** | **Магнитные и оптические насадки** | |
| 3.1. | Магнитная индукция магнитных насадок, мТл | Не менее 50 |
| 3.2. | Материал оптоволокна у оптических насадок (ЛОР, стоматология, урология, гинекология) | Кварцевое стекло |

| № | Параметр | Характеристика |
|---|---|---|
| 3.3. | Коэффициент пропускания лазерного излучения у оптических насадок (ЛОР, стоматология, урология, гинекология) на длине волны 904 нм, % не менее | 30 |
| **4.** | **Комплектация** | |
| 4.1. | Базовый блок | 1 шт. |
| 4.2. | Лазерная головка импульсного излучения ЛО-904-20 | 2 шт. |
| 4.3. | Матричная инфракрасная лазерная головка импульсного излучения МЛ-904-80 | 1 шт. |
| 4.4. | Лазерная головка непрерывного излучения КЛО-635-15 | 1 шт. |
| 4.5. | Магнитная насадка ЗМ-50 | 1 шт. |
| 4.6. | Магнитная насадка ММ-50 | 1 шт. |
| 4.7. | Насадка зеркальная ЗН-35 | 2 шт. |
| 4.8. | Насадка зеркальная ЗН-50 | 2 шт. |
| 4.9. | Акупунктурная насадка А-3 | 1 шт. |
| 4.10. | Комплект насадок для оториноларингологии Л-1 | 1 шт. |
| 4.11. | Комплект насадок для стоматологии С-1 | 1 шт. |
| 4.12. | Паспорт и инструкция по эксплуатации | 1 шт. |
| 4.13. | Сетевой адаптер | 1 шт. |
| **5** | **Гарантийный срок эксплуатации аппарата с момента ввода в эксплуатацию (базовый блок и инфракрасные импульсные лазерные излучающие головки), лет, не менее** | **5** |

**Общие требования**

Оборудование должно быть новым, ранее не эксплуатируемым, год выпуска – не позднее предыдущего от даты объявления аукциона.

Поставщиком должны быть приняты все меры для надёжной упаковки товара, обеспечивающей для товара сохранность при транспортировке, погрузке и выгрузке, а также на период хранения.

На этапе поставки товара Поставщик обязан предоставить заверенные подписью руководителя и печатью Поставщика:

1. Регистрационное удостоверение Росздравнадзора.
2. Декларацию соответствия Госстандарту России.

# *Техническое задание на аппарат лазерный физиотерапевтический «Лазмик-03»*

| № | Параметр | Характеристика |
|---|---|---|
| **Аппарат лазерной и лазерно-вакуумной терапии – 1 шт.** | | |
| **1.** | **Базовый блок** | |
| 1.1. | Количество каналов для подключения лазерных излучающих головок | 1 |
| 1.2. | Количество вакуумных каналов, совмещённых в одном корпусе с каналом для подключения лазерных излучающих головок | 1 |
| 1.3. | Таймер, мин | Фиксированные значения: 2, 5 и «Н» (неограниченно). Диапазон регулирования произвольной экспозиции – от 1 секунды до 90 минут |
| 1.4. | Частота повторения импульсов лазерного излучения, Гц | Фиксированные частоты: 10, 80, 3000, 10 000. Диапазон регулирования частоты – от 0,5 до 10 000 |
| 1.5. | Диапазон регулирования разрежения, кПа, не менее | 5–50 |
| 1.6. | Автоматическое поддержание заданного разрежения | Наличие |
| 1.7. | Цифровая индикация величины разрежения | Наличие |
| 1.8. | Габаритные размеры, мм, не более | 280 × 210 × 105 |
| 1.9. | Масса, кг, не более | 1,8 |
| 1.10. | Электропитание | Через сетевой адаптер 5 В, 3 А Напряжение 220 ± 22 В Частота 50 Гц |
| 1.11. | Мощность, потребляемая аппаратом, ВА, не более | 14 |
| 1.12. | Возможность внешней модуляции лазерного излучения | Наличие |
| **2.** | **Лазерные излучающие головки** | |
| 2.1. | Длина волны импульсного лазерного излучения, нм | 904 |
| 2.2. | Длина волны непрерывного лазерного излучения, нм | 635 |
| 2.3. | Мощность импульсного лазерного излучения, Вт, не менее | 15 |
| 2.4. | Мощность импульсного лазерного излучения (матричная излучающая головка), Вт, не менее | 60 |
| 2.5. | Мощность непрерывного лазерного излучения, мВт, не менее | 40 |
| 2.6. | Разъём подключения лазерной излучающей головки к аппарату выполнен по технологии ЛАЗМИК® и имеет цветовую дифференциацию в зависимости от длины волны | Наличие |
| 2.7. | Ремешок крепления лазерной излучающей головки для внутривенного лазерного освечивания крови имеет цветовую дифференциацию в зависимости от длины волны | Наличие |
| 2.8. | Отсутствие возможного контакта радиатора лазера у головки для внутривенного лазерного освечивания крови с телом пациента | Наличие |

| № | Параметр | Характеристика |
|---|---|---|
| **3.** | **Магнитные и оптические насадки** | |
| 3.1. | Магнитная индукция магнитных насадок, мТл | Не менее 50 |
| 3.2. | Материал оптоволокна у оптических насадок (ЛОР, стоматология, урология, гинекология) | Кварцевое стекло |
| 3.3. | Коэффициент пропускания лазерного излучения у оптических насадок (ЛОР, стоматология, урология, гинекология) на длине волны 904 нм, %, не менее | 30 |
| **4.** | **Комплектация** | |
| 4.1. | Базовый блок | 1 шт. |
| 4.2. | Лазерная головка импульсного излучения ЛО-904-20 | 1 шт. |
| 4.3. | Матричная инфракрасная лазерная головка импульсного излучения МЛ-904-80 | 1 шт. |
| 4.4. | Лазерная головка непрерывного излучения КЛО-635-40 | 1 шт. |
| 4.5. | Магнитная насадка ЗМ-50 | 1 шт. |
| 4.6. | Магнитная насадка ММ-50 | 1 шт. |
| 4.7. | Насадка зеркальная ЗН-35 | 2 шт. |
| 4.8. | Насадка зеркальная ЗН-50 | 2 шт. |
| 4.9. | Акупунктурная насадка А-3 | 1 шт. |
| 4.10. | Комплект насадок для оториноларингологии Л-1 | 1 шт. |
| 4.11. | Комплект насадок для стоматологии С-1 | 1 шт. |
| 4.12. | Комплект банок для лазерно-вакуумного массажа КБ-5 (5 шт. в комплекте) | 1 шт. |
| 4.13. | Паспорт и инструкция по эксплуатации | 1 шт. |
| 4.14. | Сетевой адаптер | 1 шт. |
| **5** | **Гарантийный срок эксплуатации аппарата с момента ввода в эксплуатацию (базовый блок и инфракрасные импульсные лазерные излучающие головки), лет, не менее** | **5** |

**Общие требования**

Оборудование должно быть новым, ранее не эксплуатируемым, год выпуска – не позднее предыдущего от даты объявления аукциона.

Поставщиком должны быть приняты все меры для надёжной упаковки товара, обеспечивающей для товара сохранность при транспортировке, погрузке и выгрузке, а также на период хранения.

На этапе поставки товара Поставщик обязан предоставить заверенные подписью руководителя и печатью Поставщика:

1. Регистрационное удостоверение Росздравнадзора.
2. Декларацию соответствия Госстандарту России.

# ПРИЛОЖЕНИЕ 5

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ


1. Бабушкина Г.В., Москвин С.В. Лазерная терапия в комплексном лечении больных артериальной гипертензией. – М.: Медицина, 2012.
2. Байбеков И.М. и др. Эритроциты в норме, патологии и при лазерных воздействиях. – М., 2008. – 256 с.
3. Брехов Е.И., Буйлин В.А., Москвин С.В. Сочетанная КВЧ-лазерная терапия. – М., 2006. – 160 с.
4. Гейниц А.В., Москвин С.В. Лазерная терапия в косметологии и дерматологии. – М., 2010. – 400 с.
5. Гейниц А.В., Москвин С.В. Новые медицинские технологии ВЛОК+УФОК и ВЛОК-405. – М., 2010. – 96 с.
6. Гейниц А.В., Москвин С.В. Обеспечение безопасности при работе с лазерными медицинскими и косметологическими аппаратами. – 2012. – 32 с.
7. Гейниц А.В., Москвин С.В., Ачилов А.А. Внутривенное лазерное облучение крови. – М., 2012. – 336 с.
8. Иванченко Л.П., Коздоба А.С., Москвин С.В. Лазерная терапия в урологии. – М., 2009. – 132 с.
9. Кочетков А.В., Москвин С.В. Лазерно-вакуумный массаж в реабилитационной и спортивной медицине: Учебно-методическое пособие. – М., 2012. – 28 с.
10. Кочетков А.В., Москвин С.В. Лазерофорез в реабилитационной и спортивной медицине: Учебно-методическое пособие. – М., 2012. – 22 с.
11. Кочетков А.В., Москвин С.В., Карнеев А.Н. Лазерная терапия в неврологии. – М., 2012. – 360 с.
12. Москвин С.В. Эффективность лазерной терапии. – М., 2013. – 800 с.
13. Москвин С.В. и др. Терапия матричными импульсными лазерами красного спектра излучения. – М.–Тверь, 2007. – 132 с.
14. Москвин С.В. и др. Лазерно-вакуумный массаж аппаратом ЛАЗМИК® в медицине и косметологии. – М., 2011. – 104 с.
15. Москвин С.В. и др. Лазерофорез, лазерная биоревитализация, липолитическая и антицеллюлитная программы ЛАЗМИК®. – 2012. – 120 с.
16. Москвин С.В., Амирханян А.Н. Методы комбинированной и сочетанной лазерной терапии в стоматологии. – 2011. – 208 с.
17. Москвин С.В., Ачилов А.А. Основы лазерной терапии. – М., 2008 – 256 с.
18. Москвин С.В., Горбани Н.А. Лазерно-вакуумный массаж. – М., 2010. – 72 с.
19. Москвин С.В., Купеев В.Г. Лазерная хромо- и цветотерапия. – М., 2007. – 95 с.

20. Москвин С.В., Наседкин А.Н., Осин А.Я., Хан М.А. Лазерная терапия в педиатрии. – М., 2009. – 480 с.
21. Наседкин А.А., Москвин С.В. Лазерная терапия больных героиновой наркоманией. – М., 2004. – 48 с.
22. Наседкин А.Н., Москвин С.В. Лазерная терапия в оториноларингологии. – М., 2011. – 208 с.
23. Рязанова Е.А., Москвин С.В. Лазерная терапия алопеции. – М., 2010. – 72 с.
24. Сборник статей по лазерной физиотерапии в косметологии. – М., 2012. – 40 с.
25. Серия: Экспериментальная магнитобиология. – М.–Тверь–Тула, 2006–2007 (12 выпусков).
26. Федорова Т.А., Москвин С.В., Аполихина И.А. Лазерная терапия в акушерстве и гинекологии. – М., 2009. – 350 с.
27. Флеш-карта с презентациями (лекциями) Москвина С.В., статьями по лазерной медицине и косметологии, книгами и др.

## *Всю литературу можно приобрести в офисах Научно-исследовательского центра «Матрикс»*

**Основной офис**

Адрес: 123056, Москва, ул. Грузинский вал, д. 26, стр. 2.
Тел./факс: (499) 250-5544, 251-8947, 250-5150
Адрес почтовый: 125367, г. Москва, а/я 33
http://www.matrixmed.ru/
Заказать: 2505150@mail.ru

**Дополнительный офис**

Адрес: 125466, Москва, ул. Соколово-Мещерская, д. 29, 1-й этаж, пом. 23.
Тел./факс: (499) 401-9127, 401-9128
Заказать: 4994019128@mail.ru

2694. *Yu H.S., Chang K.L., Yu C.L. et al.* Low-energy helium-neon laser irradiation stimulates interleukin-1 alpha and interleukin-8 release from cultured human keratinocytes // The Journal of Investigative Dermatology. – 1996. – Vol. 107 (4). – P. 593–596.
2695. *Yu H.S., Chang K.L., Yu C.L. et al.* Helium-neon laser irradiation stimulates migration and proliferation in melanocytes and induces repigmentation in segmental-type vitiligo // The Journal of Investigative Dermatology. – 2003. – Vol. 120 (1). – P. 56–64.
2696. *Yu W., Naim J.O., Lanzafame R.J.* The effect of laser irradiation on the release of bFGF from 3T3 fibroblasts // Photochem Photobiol. – 1994. – Vol. 59 (2). – P. 167–170.
2697. *Yunus M.B.* Towards a model of pathophysiology of fibromyalgia: aberrant central pain mechanisms with peripheral modulation // Rheumatol. – 1992. – Vol. 19 (6). – P. 846–847.
2698. *Yusuf S., Sleight P., Pogue J. et al.* Effects of an angiotensin-converting-enzyme inhibitor, ramipril, on cardiovascular events in high-risk patients. The Heart Outcomes Prevention Evaluation Study Investigators // N. Engl. J. Med. – 2000. – Vol. 342 (3). – P. 145–153.
2699. *Zabuski N.J., Kruskal M.D.* Interaction of «solitons» in a collisionless plasma and the recurrence of initial states // Phys. Rev. Lett. – 1965. – Vol. 15. – P. 240–243.
2700. *Zand N., Mansouri P., Fateh M. et. al.* Non-ablative, $CO_2$ laser therapy (NACLT): a new approach to relieve pain in oral mucosal lesions // Conference WALT. Abstracts. – Bergen, Norway, 2010. – P. 61.
2701. *Zarković N., Manev H., Pericić D. et al.* Effect of semiconductor GaAs laser irradiation on pain perception in mice // Lasers Surg. Med. – 1989. – Vol. 9 (1). – P. 63–66.
2702. *Zerbinati N., Portale S., Palmieri B. et al.* A preliminary study to assess the efficacy of a new UVA1 laser for treatment of psoriasis // Photomedicine and Laser Surgery. – 2012. – Vol. 30 (10). – P. 610–614.
2703. *Zeredo J.L., Sasaki K.M., Takeuchi Y., Toda K.* Antinociceptive effect of Er:YAG laser irradiation in the orofacial formalin test // Brain Research. – 2005. – Vol. 1032 (1–2). – P. 149–153.
2704. *Zhang D., Chen T., Wang C. et al.* Effect of helium–neon laser irradiation on serum lipid peroxide concentrations in burnt mice // Lasers Surg. Med. – 1992. – Vol. 12 (2). – P. 180–183.
2705. *Zhang D., Zhou Y., Xiao B., Li G.* The effect of postoperative irradiation with low incident levels of $CO_2$ laser irradiation on skin flap survival and the possible mechanisms // Laser Therapy. – $1992^{(1)}$. – Vol. 4 (2). – P. 75–79.
2706. *Zhang Y., Song S., Fong C.-C. et al.* cDNA micro array analysis of gene expression profiles in human fibroblast cells irradiated with red light // The Journal of Investigative Dermatology. – 2003. – Vol. 120 (5). – P. 849–857.
2707. *Zhou Y.C.* An advanced clinical trial with laser acupuncture anesthesia for minor operations in the oromaxillofacial region // Lasers in Surgery and Medicine. – 1984. – Vol. 4 (3). – P. 297–303.
2708. *Zhou* Y.C. LLLT in the people's republic of china // Laser Therapy. – 1991. – Vol. 3 (1). – P. 5–9.
2709. *Zinman L., Ngo M., Ng E. et al.* Low-intensity laser therapy for painful symptoms of diabetic sensorimotor polyneuropathy // Diabetes Care. – 2004. – Vol. 27 (4). – P. 921–924.
2710. *Zizi M.I., Heba M.M.* Burned wound healing response to helium neon versus gallium arsenide laser irradiation // Energy for Health. – 2013. – Vol. 11. – P. 20–26.
2711. *Zoeger J., Dunn J.R., Fuller M.* Magnetic material in the head of the common pacific dolphin // Science. – 1981. – Vol. 213. – P. 892.
2712. *Zungu I.L., Mbene A.B., Hawkins-Evans D.H. et al.* Phototherapy promotes cell migration in the presence of hydroxyurea // Lasers Med. Sci. – 2009. – Vol. 24 (2). – P. 144–150.

# СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АД – артериальное давление
АКТГ – адренокортикотропный гормон
АлАТ – аланинаминотрансфераза
АЛТ – аппарат лазерный терапевтический
АОС – антиоксидантная система
АсАТ – аспартатаминотрансфераза
АФК – активные формы кислорода
АХЭ – ацетилхолинэстераза
БД – биологическое действие
БРТ – биорезонансная терапия
ВАШ – визуально-аналоговая шкала
ВБН – вертебрально-базилярная недостаточность
ВБС – вертебрально-базилярная система
ВЛОК – внутривенное лазерное освечивание крови
ВНС – вегетативная нервная система
ВНЧС – височно-нижнечелюстной сустав
ВПГ – вирус простого герпеса
ВР – вегетативная реактивность
ВРТ – вегетативно-резонансный тест
ВСА – внутренняя сонная артерия
Г-6-ФДГ – глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа
ГАМК – γ-аминомасляная кислота
ГБ – гипертоническая болезнь
ГЗС – гемодинамически значимый стеноз
ГК – гиалуроновая кислота
ГКЛ – гелий-кадмиевый лазер
ГНЛ – гелий-неоновый лазер
ГСЗ – гнойно-септические заболевания
ГЭБ – гематоэнцефалический барьер
ДГ – дегидрогеназа
ДОФА – дигидроксифенилаланин
ДС – дуплексное сканирование
ДЭ – дисциркуляторная энцефалопатия
ЖЕЛ – жизненная ёмкость лёгких
ЗС – замедляющие структуры
ИВТ – исходный вегетативный тонус
ИГХ – иммуногистохимический
ИК – инфракрасный (диапазон)
ИЛ (IL) – интерлейкины
ИМП – импульсное магнитное поле
ИОПБ – индекс общего психологического благополучия
ИРИ – иммунорегуляторный индекс
ИЭ – инфекционный эндокардит
КВЧ – крайневысокочастотный (диапазон)
КИ – конъюнктивальный индекс
КИГ – кардиоинтервалография
КН – каротидная недостаточность
КРБС – комплексный регионарный болевой синдром

КС – каротидная система
ЛВМ – лазерно-вакуумный массаж
ЛВТ – лазерно-вакуумная терапия
ЛД – лазерный диод
ЛДГ – лактатдегидрогеназа
ЛДФ – лазерная доплеровская флоуметрия
ЛЛОД – локальное лазерное отрицательное давление (методика)
ЛСК – линейная скорость кровотока
ЛТ – лазерная терапия
ЛПВП – липопротеиды высокой плотности
ЛПНП – липопротеиды низкой плотности
ЛУФОК – лазерное ультрафиолетовое освечивание крови
МАГ – магистральные артерии головы
МЛТ – магнитолазерная терапия
ММП – матриксные металлопротеиназы
МТ – медикаментозная терапия
МФБС – миофасциальные болевые синдромы
НДГ – нейродинамический генератор
НИЛИ – низкоинтенсивное лазерное излучение
НЛОК – неинвазивное (надвенное, чрескожное) лазерное освечивание крови
НМЛТ – надартериальная матричная лазерная терапия
НМЭС – нейромышечная электростимуляция
НПВП – нестероидные противовоспалительные препараты
ОАС – общий адаптационный синдром
ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения
ОСА – общая сонная артерия
ПА – позвоночная артерия
ПГН – постгерпетическая невралгия
ПДГ – пируватдегидрогеназа
ПеМП – переменное магнитное поле
ПМ – плотность мощности
ПМП – постоянное магнитное поле
ПОЛ – перекисное окисление липидов
ПпIX – протопорфирин IX
ПСВ – пиковая скорость форсированного выдоха
ПФ – плазмаферез
СВЧ – сверхвысокочастотный (диапазон)
СДГ – сукцинатдегидрогеназа
СД2 – сахарный диабет 2-го типа
СДС – синдром диабетической стопы
СИД – светоизлучающий диод (светодиод)
СМА – средняя мозговая артерия
СМТ – синусоидальные модулируемые токи
СОБ – синдром обострения болезни
СОД – супероксиддисмутаза
СУВ – суховоздушные углекислые ванны
СХЛ – спонтанная хемилюминесценция
ТА – точка акупунктуры
ТГ – триглицериды
ТИА – транзиторные ишемические атаки

ТК – тучные клетки
ТКД – транскраниальная доплеросонография
ТМВ – тонический моторно-вегетативный (системокомплекс)
ТФР (TGF-β) – трансформирующий фактор роста
УА – узловатый ангиит
УГТ – урогенитальный тракт
УЗ – ультразвук
УЗДГ – ультразвуковая доплерография
УЗТ – ультразвуковая терапия
УФ – ультрафиолетовый (диапазон)
УФОК – ультрафиолетовое освечивание крови
ФВД – функция внешнего дыхания
ФГП – функциональная гиперкапническая проба
ФДСПЧ – фармакодоплерография сосудов полового члена
ФДТ – фотодинамическая терапия
ФК – функциональный класс
ФМ – фибромиалгия
ФМВ – фазический моторно-вегетативный (системокомплекс)
ФНО (TNF) – фактор некроза опухоли
ХИМ – хроническая ишемия мозга
ХЛ – хемилюминесценция
ХНЗЛ – хронические неспецифические заболевания лёгких
ХОБ – хронический обструктивный бронхит
ХЭ – хронический эндометрит
ЦВЗ – цереброваскулярные заболевания
ЦВР – цереброваскулярная реактивность
ЦГР – церебральный гемодинамический резерв
ЦИ – церебральный инсульт
ЦИК – циркулирующие иммунные комплексы
ЦМВ – цитомегаловирус
ЦМВИ – цитомегаловирусная инфекция
ЦНС – центральная нервная система
ЦО – цитохромоксидаза
ЧСС – частота сердечных сокращений
ЧЭНС – чрескожная электронейростимуляция
ЭБ – энергетический баланс
ЭД – эректильная дисфункция
ЭКО – эффективность кислородного обмена
ЭМИ – электромагнитное излучение
ЭМП – электромагнитное поле
ЭП – энергетическая плотность
ЯБДК – язвенная болезнь двенадцатиперстной кишки
ЯК – янтарная кислота
$F_и$ – частота повторения импульсов или модуляции
$Q_и$ – скважность
γ-ГТП – гамма-глутамилтранспептидаза
$\tau_и$ – длительность импульсов
λ – длина волны
Δλ – ширина спектральной линии
$\mu_\lambda$ – коэффициент поглощения оптического излучения

# СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ ..... 3

ЧАСТЬ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ..... 10

Выводы ..... 17

Глава 1.1. Правильная организация лечебного процесса ..... 18

Слово материально ..... 18

Знак лазерной опасности и предупреждающая надпись – есть отличия! ..... 20

Ещё раз о противопоказаниях к лазерной терапии ..... 21

Выводы ..... 25

Глава 1.2. Знать физику и биофизику процесса ..... 26

Основные свойства лазерного света ..... 26

Энергетические характеристики лазерного света по ГОСТ 8.417-2002 ..... 29

Временны́е параметры ..... 33

Распространение света в оптическом волокне, и какие насадки можно использовать в лазерной терапии ..... 35

Взаимодействие лазерного света с веществом ..... 40

Выводы ..... 46

Глава 1.3. Механизмы биологического (терапевтического) действия низкоинтенсивного лазерного излучения ..... 48

Лежат ли в основе лазерной терапии фотобиологические эффекты? ..... 57

Физические и биофизические основы взаимодействия НИЛИ с биотканями ..... 62

Первичный механизм биологического действия НИЛИ (обзор литературы) ..... 67

«Фотобиологические» модели ..... 69

Вторичные механизмы, принимаемые за первичный, или Паровоз едет, потому что дым из трубы идёт ..... 79

Оригинальные концепции ..... 85

Выводы ..... 90

Глава 1.4. Термодинамическая модель первичного механизма биологического действия лазерного света ..... 91

Осцилляции $Ca^{2+}$ в живых клетках под действием НИЛИ ..... 94

Математические модели колебания концентрации $Ca^{2+}$ ..... 104
Математическая модель термодинамического запуска лазерным светом $Ca^{2+}$-процессов ..... 107
Выводы ..... 113
Глава 1.5. Как правильно выбрать аппарат для эффективной лазерной терапии ..... 115
Блочный принцип построения ..... 115
Взаимозаменяемость излучающих головок и насадок ..... 118
Биологическая обратная связь ..... 118
Простота управления ..... 119
Контроль параметров лазерного излучения ..... 120
Информационное обеспечение ..... 125
Сервисное обслуживание ..... 126
Особенности специализированной аппаратуры ..... 126
Специализированные лазерные физиотерапевтические комплексы ..... 127
Лазерные излучающие головки ..... 128
Матричные излучатели ..... 130
Особенности работы с оптическими насадками ..... 130
Преимущества индивидуальных колб для методики локального лазерного отрицательного давления или лазерно-вакуумного массажа ..... 132
Портативные аппараты ..... 134
Выводы ..... 134

ЧАСТЬ II. ПАРАМЕТРЫ ЛАЗЕРНОГО СВЕТА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕРАПИИ ..... 136
Глава 2.1. Влияние когерентности, монохроматичности и поляризации на эффективность лазерной терапии ..... 137
Выводы ..... 162
Глава 2.2. Выбор оптимальной длины волны лазерного света ..... 164
Свет и цвет в природе (краткая историческая справка) ..... 165
2.2.1. Особенности различных спектральных диапазонов для лазерной терапии ..... 170
Спектр оптический и общие положения ..... 170
365–405 нм (ультрафиолетовый спектр) ..... 178
440–450 нм (синий спектр) ..... 180

520–530 нм (зелёный спектр) ..... 182
633–635 нм (красный спектр) ..... 188
780–785 нм (ближний инфракрасный диапазон) ..... 192
808–830 нм (инфракрасный спектр) ..... 195
890–904 нм (инфракрасный спектр) ..... 197
940–10 600 нм (инфракрасный спектр) ..... 198
2.2.2. Примеры эффективного комбинирования НИЛИ с разной длиной волны ..... 199
Почему нельзя сочетать воздействие НИЛИ с разной длиной волны? ..... 202
НИЛИ с разной длиной волны можно только комбинировать! ..... 209
Комбинирование 635 + 904 нм (красный + ИК) ..... 213
Комбинирование 445 + 635 нм (синий + красный) ..... 217
2.2.3. Выбор длины волны для различных методик лазерной терапии ..... 220
Лазерная акупунктура ..... 221
Транскраниальная методика лазерной терапии ..... 222
Лазерофорез и лазерная биоревитализация ..... 226
Оптимизация длины волны и мощности НИЛИ для ВЛОК и ЛУФОК® ..... 227
633–635 нм (красный спектр, «классический» вариант ВЛОК) ..... 230
365–405 нм (методики ЛУФОК-365 и ВЛОК-405) ..... 235
Сравнение эффективности ВЛОК красного (635 нм) и фиолетового (405 нм) спектра у больных облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей [Ботин Н.В. и др., 2009; Москвин С.В. и др., 2010, 2012] ..... 247
520–525 нм (методика ВЛОК-525) ..... 251
Методика комбинированная, ВЛОК-635 + ЛУФОК-365 (базовая) ..... 255
Методика комбинированная, ВЛОК-525 + ЛУФОК-365 (базовая) ..... 255
Выводы ..... 255
Глава 2.3. Модуляция лазерного света различными частотами и импульсный режим ..... 257
Эффекты, обусловленные модуляцией, как доказательство термодинамической модели БД НИЛИ ..... 262

Результаты экспериментальных исследований эффективности модулированного режима НИЛИ ..... 273
Клинические исследования, показывающие эффективность модуляции НИЛИ ..... 278
Импульсный режим – самый эффективный ..... 282
Импульсные лазеры инфракрасного спектра (904 нм) ..... 286
Зачем нужны высокие частоты (до 10 000 Гц) для импульсных лазеров? ..... 292
Увеличение глубины эффективного воздействия ..... 293
Обезболивание ..... 294
Стимулирование некоторых клеток и тканей ..... 294
Возможность варьирования в более широких пределах средней мощностью ..... 295
Лечение пациентов с заболеваниями тонического типа ..... 295
Импульсные красные лазеры (635 нм) ..... 295
Выводы ..... 297
Глава 2.4. Оптимизация энергетических параметров лазерного воздействия ..... 299
Оптимальная энергетическая плотность – не всё так просто! ..... 302
Оптимальная площадь воздействия ..... 315
Зачем нужны матричные лазерные излучающие головки, и какие они должны быть ..... 319
Оптимальная мощность НИЛИ ..... 328
Некоторые особенности варьирования энергетическими параметрами НИЛИ ..... 331
Оптимальное время воздействия ..... 336
Общие рекомендации по определению параметров воздействия из литературных источников ..... 337
Выводы ..... 338

ЧАСТЬ III. МЕТОДОЛОГИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ ..... 341
Глава 3.1. Особенности различных способов воздействия в лазерной терапии ..... 343
Наружное (местное) воздействие ..... 347
Воздействие на точки акупунктуры. Лазерная рефлексотерапия ..... 349
Внутриполостное воздействие ..... 353

Внутривенное лазерное освечивание крови ..... 354
Внутривенное или неинвазивное лазерное освечивание крови – что лучше? ..... 356
Транскраниальная методика лазерной терапии ..... 363
Выводы ..... 363
Глава 3.2. Нервная система и эффективность лазерной терапии ..... 365
Лимбико-ретикулярный комплекс и вегетативная регуляция ..... 377
Оценка исходного вегетативного тонуса пациентов с целью коррекции лечебных схем и тактики лазерной терапии ..... 381
Выводы ..... 388
Глава 3.3. Сочетание и комбинирование лазерной терапии с другими методами лечения ..... 390
3.3.1. Лазерная терапия как часть комплексной физиотерапии ..... 390
Ультразвук, электростимуляция и лазерный свет ..... 394
Комбинированная КВЧ-лазерная терапия ..... 396
Магнитолазерная терапия ..... 403
Лазерно-вакуумный массаж ..... 407
Противопоказания ..... 409
3.3.2. Комбинирование плазмафереза и внутривенного лазерного освечивания крови ..... 412
3.3.3. Лазерофорез и лазерная биоревитализация ..... 415
3.3.4. Особенности назначения лекарственных препаратов на фоне лазерной терапии ..... 428
Выводы ..... 434
Глава 3.4. Обезболивание лазерным светом, некоторые методологические подходы (соавт. А.В. Кочетков) ..... 435
3.4.1. Классификация болевых синдромов [по А.М. Вейн с соавт., 1999] ..... 435
3.4.2. Методология лазерной терапии ..... 444
Механизмы обезболивающего действия лазерного света ..... 445
Экспериментальные и клинические исследования ..... 450
Общие методологические рекомендации ..... 462
Обоснование частных методик ..... 464
Ожог бытовой ..... 464
Фибромиалгия и миофасциальные болевые синдромы ..... 464
Постгерпетическая невралгия ..... 470

Синдром Титце (рёберный хондрит) ..... 474
Подагра ..... 475
Невралгия тройничного нерва ..... 475
Комплексный регионарный болевой синдром ..... 477
Выводы ..... 482

ЧАСТЬ IV. ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ В ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ ..... 483
Глава 4.1. Ведение в хронобиологию ..... 486
Классификация биоритмов ..... 489
Связь экзогенных (внутренних) и эндогенных (внешних) ритмов ..... 492
Гомеостаз, адаптация и биоритмы ..... 497
Глава 4.2. Хрономедицина ..... 507
Хронофармакотерапия ..... 509
Биоритмы в программах похудения (едим и худеем) ..... 514
Физиологический метод похудения (по Р.С. Минвалееву, 2003) ..... 516
Хронобиологические подходы в программах похудения ..... 520
Глава 4.3. Критика некоторых теорий ..... 529
Гипотеза «трёх ритмов» ..... 532
Космо-гелио-геофизические факторы и астрология ..... 536
О резонансе с приставкой «био» ..... 538
Дистанционные межклеточные взаимодействия ..... 540
«Волновой генетический код» и солитоны ..... 550
Вегетативно-резонансный тест и биорезонансная терапия ..... 555
Структурно-резонансная электромагнитная терапия ..... 560
Золь-гель-переходы из воздуха в кошелёк ..... 562
Выводы ..... 565
Глава 4.4. Хронобиологические принципы лазерной терапии ..... 567
Ритмы жизни (онтогенез) ..... 573
Старшая возрастная группа ..... 574
Дети ..... 575
Окологодовые ритмы ..... 576
Хронобиологический подход к лазерной терапии больных язвенной болезнью желудка и двенадцатиперстной кишки ..... 577
Околосуточные (циркадианные) ритмы ..... 584
Хронобиологические принципы профилактики образования келоидного рубца ..... 590

Ежедневное периодичное проведение процедур лазерной терапии ... 592
Околоминутные ритмы ... 598
Методика локального лазерного отрицательного давления и хронобиологический подход к лечению больных с эректильной дисфункцией и простатитами (соавт. Л.П. Иванченко) ... 620
Околосекундные ритмы, многочастотная модуляция ... 633
Принцип биоуправления, реализованный в блоке биосинхронизации «Матрикс-БИО» и аппарате «Лазмик-БИО» [Пат. 2117506 RU] ... 641
Результаты клинического применения лазерной терапии в режиме БИО [Пат. 2117506 RU] ... 644
Выводы ... 648

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ... 650

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. НИЛИ С РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНОЙ ВОЛНЫ В ИССЛЕДОВАНИЯХ *IN VITRO* ... 654
Литература (обзоры) ... 674

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. НИЛИ С РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНОЙ ВОЛНЫ *IN VIVO* (РАНЫ, УШИБЫ, ПОВРЕЖДЕНИЯ, ВОСПАЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ПР.) ... 675
Литература (обзоры) ... 685

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ИМПУЛЬСНЫЕ ЛАЗЕРЫ КРАСНОГО СПЕКТРА (635 НМ) В ФИЗИОТЕРАПИИ: ИССЛЕДОВАНИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ... 686
Импульсные лазеры красного спектра (635 нм) в дерматологии ... 688
Определение оптимальных режимов воздействия НИЛИ на регенераторные процессы при аутотрансплантации кожи ... 693
Импульсное НИЛИ красного спектра в комплексной терапии больных узловатым ангиитом ... 709
Лазерная терапия матричными импульсными лазерами красного спектра (635 нм) в неврологии (соавт. А.В. Кочетков) ... 716
Сравнение эффективности импульсного красного и ИК НИЛИ в лечении хронического обструктивного бронхита ... 729
Красные импульсные лазеры в оториноларингологии (соавт. А.А. Петлев) ... 733

Заболевания лимфаденоидного кольца. Аденоидные вегетации. Аденоидит ... 736
Острый фарингит и обострения хронического фарингита ... 738
Хронический тонзиллит ... 739
Заболевания носа и околоносовых пазух ... 741
Острый ринофарингит ... 741
Острые синуситы и обострения хронических синуситов ... 741
Вазомоторный и аллергический ринит ... 743
Острый ларингит ... 744
Наружный отит ... 745
Средний отит (острый катаральный и гнойный, обострение хронического отита) ... 745
Травмы ЛОР-органов и послеоперационный период после ЛОР-операций ... 746
Героиновая наркомания у больных подростково-юношеского возраста (соавт. А.А. Наседкин) ... 747
Эффективность ЛТ по данным клинико-психопатологического метода исследования в ходе купирования абстинентного и постабстинентного синдромов ... 751
Влияние ЛТ на длительность и качество ремиссий ... 754
Биохимические и иммунологические аспекты эффективности ЛТ ... 755
Психотерапевтический эффект ЛТ ... 758
Импульсное лазерное излучение красного спектра (635 нм) в гинекологической практике (соавт. Г.Р. Смолина) ... 764
Импульсное НИЛИ красного спектра в стоматологии (соавт. А.В. Шидова) ... 768
Сравнительная оценка влияния непрерывного и импульсного НИЛИ с длиной волны 635 нм на некоторые биохимические и гематологические показатели [Бхимсаин Р., Москвин С.В., 2011] ... 770
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. АППАРАТЫ ЛАЗЕРНЫЕ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ «ЛАЗМИК» И «ЛАЗМИК-ВЛОК» ... 774
Основные особенности аппаратов серии «Лазмик» ... 774
Техническое задание на аппарат лазерный физиотерапевтический «Лазмик-01» или «Лазмик-ВЛОК» ... 775
Техническое задание на аппарат лазерный физиотерапевтический «Лазмик-03» ... 777

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ПО ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ ..... 779

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ ..... 781

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ..... 884

**С.В. МОСКВИН**

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ

СЕРИЯ «ЭФФЕКТИВНАЯ ЛАЗЕРНАЯ ТЕРАПИЯ»

Том 2

ООО «Издательство «Триада»
ИД № 06059 от 16.10.01 г.
170034, г. Тверь, пр. Чайковского, д. 9, оф. 504,
тел./факс (4822) 429022, 354130
E-mail: triadatver@yandex.ru
http://www.triada.tver.ru

Подписано к печати 20.08.2014 г.
Формат 70×100 $^{1}/_{16}$. Усл. печ. л. 56
Бумага офсетная. Печать офсетная
Гарнитура Times New Roman. Тираж 3000 экз.

Заказ
Отпечатано в соответствии
с предоставленными материалами
в ЗАО «ИПК Парето-Принт», г. Тверь
www.pareto-print.ru