

Баранов А.В., Цыганова Г.И., Пименова Л.Я., Картусова Л.Н.

Состояние научных исследований в области лазерной медицины в Российской Федерации в 2017 году

Baranov A.V., Tziganova G.I., Pimenova L.Ya., Kartusova L.N.

State-of-art of researches in laser medicine in Russian Federation in 2017

ФГБУ «ГНЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина ФМБА России»

Авторы представляют свой материал, полученный после анализа базы данных исследований и разработок по лазерной медицине, которая была составлена на основе исследовательских работ учреждений в Российской Федерации в 2016–2017 годах и зарегистрирована в Единой государственной системе учета исследований, разработок и технологических проектов для гражданских целей. В этом обзоре подчеркивается, что Российская Федерация является лидером в области исследований, разработки и внедрения лазерных технологий в медицине. Лазерные технологии развиваются во всех областях медицины: терапия, диагностика, хирургия, стоматология, офтальмология, дерматокосметология и оториноларингология. *Ключевые слова:* обзор, лазерная медицина в терапии, диагностике, хирургии, стоматологии, офтальмологии, дерматокосметологии и оториноларингологии.

The authors present their material obtained after analyzing Research and Development database on laser medicine which was compiled from research work of institutions in Russian Federation in 2016–2017 and which was registered in the Unified State System on Accounting Research, Development and Technological Projects for Civil Purposes. This review emphasizes that Russian Federation is a leader in research, development and implementation of laser technologies in medicine. Laser technologies are developing in all fields of medicine: therapy, diagnostics, surgery, dentistry, ophthalmology, dermatocosmetology and otorhinolaryngology. *Keywords:* review, laser medicine in therapy, diagnostics, surgery, dentistry, ophthalmology, dermatocosmetology and otorhinolaryngology.

Настоящий обзор составлен на основе анализа НИОКР по проблемам лазерной медицины, выполненных в научных учреждениях и организациях Российской Федерации в 2016–2017 гг., зарегистрированных в Единой государственной информационной системе учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (<http://www.rosrid.ru/about>).

Россия является мировым лидером в области разработки и применения лазерных технологий в медицине. В России впервые в мире были изучены первичные механизмы действия низкоинтенсивного лазерного излучения (НИЛИ) на биоткани. Показано противовоспалительное и биостимулирующее действие НИЛИ, что позволило обосновать наиболее оптимальные параметры методик и разработать высокоэффективные сочетанные и комбинированные методы лечения и диагностики заболеваний.

Лазерные технологии в терапии

Обоснована возможность использования внутреннего лазерного облучения крови для коррекции нарушений в системе гемостаза и микроциркуляторном русле, а также межклеточных взаимодействий у больных ревматоидным артритом. Показано, что включение лазерной терапии в комплексную терапию способствует нормализации уровня провоспалительных и противовоспалительных цитокинов, лептина, гликозаминогликанов, снижению активности заболевания, способствует ускорению купирования основных клинических симптомов заболевания, а также повышению качества жизни больных (ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская ГМА»).

Разработан комплекс количественно-качественных критериев оценки эффективности использования сниженных доз НИЛИ (импульсные матричные излучатели 0,89 мкм, 70 нс, средняя совокупная мощность импуль-

сов 40 Вт) в лечении пациентов старших возрастных групп с дисциркуляторной энцефалопатией (ДЭП). Анализ данных электрофореграмм, сыворотки крови на ацетатцеллюлозных пленках до и после терапевтического лечения пациентов пожилого возраста с заболеванием ДЭП показывает эффективность данной терапии, приводящей к нормализации соотношения белковых фракций крови и улучшению микроциркуляции крови (ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова»).

Показано, что немедикаментозные технологии (гидрогальванотерапия, лазеротерапия и СПА-терапия), применяемые в ходе лечения нейропатических осложнений у пациентов с сахарным диабетом 2-го типа, оказывают положительное терапевтическое воздействие, что в условиях достижения адекватного метаболического контроля в целом способствует благоприятному ходу лечения основного заболевания (ФГБУ «Российский научный центр медицинской реабилитации и курортологии»).

Предложен метод индивидуальной дозированной лазерной рефлексотерапии с использованием точек акупунктуры «меридианов» сердца и перикарда для применения в комплексном лечении больных стенокардией напряжения, который позволяет на научной основе составлять ежедневный индивидуальный акупунктурный рецепт, включающий точки акупунктуры с отклонениями от нормы показателей (+, –) электропроводимости и электропотенциала и контролировать дозировку лазерного излучения на каждую точку акупунктуры по динамике величины электропотенциала в конечных точках акупунктуры «меридианов». В течение месяца после завершения курса индивидуальной дозированной лазерной рефлексотерапии клинический эффект проведенного лечения нарастает и сохраняется около полугода (ФГБОУ ВО «Чувашский ГУ им. И.Н. Ульянова»).

Обосновано применение низкоинтенсивного матричного импульсного лазера красного спектра в комплексной терапии хронического эндометрита, которое позволяет добиться полного восстановления кровотока в матке и выраженного анальгезирующего эффекта при синдроме хронической тазовой боли у 85% пациенток. Полное излечение отмечено в 80,6% случаев в отличие от больных, получавших традиционное лечение, где морфологически доказанная эффективность составила 20% (**Казанская ГМА – филиал ФГБОУ ДПО «РМАНПО»**).

Разработан способ консервативного лечения недержания мочи при напряжении (НМПН) у женщин с помощью Ег-YAG-лазера и доказана его высокая эффективность (получен патент РФ на изобретение). Применение Ег-YAG-лазера может рассматриваться как метод выбора при лечении больных с I типом НМПН легкой и средней степени тяжести. Метод также может применяться у пациенток со II типом НМПН легкой и средней степени тяжести в случае их отказа от хирургического лечения либо при наличии противопоказаний к хирургическому лечению (**ВМА им. С.М. Кирова**).

Предложены практические рекомендации и разработан алгоритм использования лазеротерапии у впервые выявленных больных инфильтративным туберкулезом легких в зависимости от исходного уровня цитокинов, позволяющие повысить эффективность лечения данной категории пациентов в условиях противотуберкулезных стационаров. Применение лазеротерапии в целях повышения эффективности лечения рекомендуется в первую очередь больным инфильтративным туберкулезом легких с высоким исходным уровнем цитокинов: повышение ИНФ-γ в 7 раз и выше, ТНФ-α – в 4,5 раза и выше по сравнению со здоровыми лицами (**ФГБОУ ВО «Нижегородская ГМА»**).

Включение комбинированной лазеротерапии в комплекс лечебных мероприятий у больных при обострении хронической обструктивной болезни легких с сопутствующей артериальной гипертензией является патогенетически обоснованным методом, позволяющим в достоверно более ранние сроки достичь клинической ремиссии заболевания, уменьшить медикаментозную нагрузку у больных и повысить их качество жизни. Предлагаемая методика может быть использована в лечебно-профилактических и реабилитационных программах диспансерного наблюдения за больными хронической обструктивной болезнью легких (**ФГБОУ ВО «Воронежский ГМУ им. Н.Н. Бурденко»**).

Разработаны прогностические критерии нарушения функционального состояния эндотелия и развития атеросклероза у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких на начальных стадиях заболевания, основанные на комплексной оценке функции эндотелия. Использование значений средней перфузии, а также амплитуды колебаний в сосудистом и эндотелиальном диапазонах по данным лазерной доплеровской флоуметрии высокоинформативно с целью раннего выявления эндотелиальной дисфункции и атеросклероза у больных на I и II стадиях хронической обструктивной болезни легких (**ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет»**).

Впервые в мире были проведены исследования по изучению механизма действия коротковолнового оптического излучения Л-410–480 нм на организм человека при различных заболеваниях и состояниях. Был открыт ряд положительных эффектов воздействия этого диапазона излучения на организм: восстановление нарушенных биоритмов, снижение вязкости крови, увеличение скорости кровотока в магистральных сосудах, снижение уровня глюкозы и атерогенных липидов в крови, обезболивающее и противовоспалительное действие, улучшение функции дыхания и другие положительные эффекты, что было использовано при лечении заболеваний, трудно поддающихся традиционным методам лечения (ХОБЛ, ИБС, состояния после ИМ, инсульта, при длительно не заживающих трофических язвах, бронхиальная астма, ряд дерматологических заболеваний, для снятия стрессов) (**ФГБУ «ГНЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина ФМБА России»**).

Лазерные технологии в диагностике

В настоящее время в медицинской диагностике применяются следующие лазерные технологии:

- аутофлюоресцентная диагностика (Autofluorescence imaging, AFI);
- фотодинамические методы диагностики (ФДД);
- оптическая когерентная томография (ОКТ);
- конфокальная лазерная микроскопия (КЛЭ);
- рамановская спектроскопия;
- изображение при помощи голубого лазера.

В исследовании **ФГБУ НЦЗД РАМН** установлены критерии структуры новообразований, метапластических и воспалительных изменений, а также неизменной слизистой оболочки при проведении конфокальной лазерной эндомикроскопии верхнего отдела пищеварительного тракта у детей. Показана высокая чувствительность и специфичность зондовой конфокальной лазерной эндомикроскопии в диагностике кишечной и желудочной метаплазии, при воспалительных изменениях пищевода, при воспалительных изменениях желудка, при дуоденитах, при верификации структуры полипов верхнего отдела пищеварительного тракта.

Предложены новые алгоритмы обработки данных в лазерной дифрактометрии эритроцитов, позволяющие измерять параметры распределения клеток крови по деформируемости. Такие измерения важны при диагностике и лечении многих заболеваний, в том числе таких широко распространенных, как сердечно-сосудистые заболевания и сахарный диабет. На основе предложенных принципов измерений может быть создан лазерный прибор для диагностики крови с новыми функциональными возможностями (**физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова**).

Разработан новый высокочувствительный метод масс-спектрометрического определения химических соединений, основанный на лазерной десорбции-ионизации путем переноса электрона и создан макетный образец прибора, реализующего новые принципы. Результаты исследований могут быть использованы для развития современных диагностических методов в медицине, для высокочувствительного определения токсичных

металлов и комплексных соединений металлов в пробах сложного состава, для развития методов экологического контроля и контроля качества пищевой продукции (**ООО «Энергомаштехника»**).

Метод сканирующей лазерной конфокальной микроскопии активно используется в исследовательском процессе.

С помощью метода однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (ОФЭКТ) установлено, что внутриопухолевое введение модульного нанотранспортера, несущего эмиттер электронов $Oj^{111}In$, приводит к продолжительному удерживанию его в экспериментальной опухоли мышинной меланомы. Методом мультифотонной лазерной сканирующей микроскопии показано, что при введении в кровь полиплексы способны накапливаться в опухоли за счет так называемого эффекта «повышенной проницаемости и удерживания», связанного с повышенной проницаемостью опухолевых сосудов. Показано, что эффективность доставки генов с помощью полиплексов во многом определяется пролиферативной активностью раковых клеток. В результате была продемонстрирована возможность применения разработанных полиплексов для визуализации опухоли методом ОФЭКТ, что может быть использовано для клинической диагностики рака меланомы (**ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»**).

Исследованы органная, клеточная и субклеточная локализации цереброспецифического анионного транспортера BSAT1 крысы. Установлено, что этот белок преимущественно локализуется в мозге, а также премордиальных и зрелых фолликулах яичников. В мозге BSAT1 локализуется преимущественно в клетках астроцитарного происхождения, а не в эндотелиальных клетках, как сообщалось ранее. Субклеточная локализация, оцененная с помощью сканирующей лазерной конфокальной микроскопии с набором соответствующих треккеров, показала мембранную локализацию BSAT1. Антитела к BSAT1451-557 могут применяться как для фундаментальных исследований транспорта тироксина и простагландинов через гематоэнцефалический барьер, так и для прикладных разработок направленного транспорта диагностических и лекарственных препаратов через ГЭБ, в том числе в очаги опухолей астроглиального происхождения (**ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова»**).

Ведутся работы по исследованию возможности решения задач оптической диагностики онкологических заболеваний покровных тканей человека с помощью передового оригинального оборудования, включающего в себя: модуль трехмерной визуализации на основе технологии оптической когерентной томографии (ОКТ), модуль рамановской спектроскопии, модуль спектроскопии обратного рассеяния для обнаружения спектральных особенностей среды в широком диапазоне оптического излучения (300–900 нм), а также полностью цифровой модуль анализа дерматоскопических снимков. Подобное многообразие оптической техники требует разработки единой программной инфраструктуры (ПИ) для обработки и хранения гетерогенных данных на основе веб-сервисов на виртуальных серверах в облачном пространстве (технология IaaS – Infrastructure as a Service,

инфраструктура как сервис) для on-line анализа сигналов и изображений.

Разработан мультимодальный метод оптической диагностики на основе оптической когерентной томографии, спектроскопии комбинационного и обратного рассеяния, автофлуоресцентного и дерматоскопического анализа для скрининга населения на предмет обнаружения меланомы (самого опасного заболевания среди онкологических, поражающих покровные ткани). Метод автофлуоресцентного (АФ) анализа идеально подходит для быстрого картирования пораженных участков для последующей резекции. В дополнение к АФ-анализу метод оптической когерентной томографии позволит определить 3D-топологию опухоли, и возможно, спрогнозировать степень ее инвазивности (особенно для базально-клеточного рака). Чувствительность и специфичность разработанного мультимодального метода достигают 95% (**ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»**).

Разработан универсальный способ диагностики атеросклеротической бляшки и рака мочевого пузыря на основе кросс-поляризационной оптической когерентной томографии, применимый для прижизненной диагностики состояния различных тканей и патологических процессов, в развитии которых важную роль играет изменение состояния коллагеновых волокон (воспаление, неоплазия, атеросклероз) (**Нижегородская ГМА**).

Проводятся исследования по разработке методов визуализации и воздействия на биологические объекты с использованием технологий, основанных на применении фемтосекундных лазеров. Выявлено, что селективная визуализация и дальнейшая оценка состояния коллагена и эластина могут представлять фундаментальный интерес для диагностики злокачественных новообразований и их лимфогенных метастазов. Отсутствие необходимости окраски образцов делает метод перспективным для интраоперационной экспресс-биопсии и для прижизненной диагностики (**ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**).

Разрабатывается новое поколение высокочувствительных и специфичных диагностических систем на основе гибридных нанобиоматериалов.

Предложена технология создания медицинских клинико-диагностических систем, использующих принципы переноса энергии, включая синтез спектрально кодированных специфическими флюоресцентными нанокристаллами микросфер с иммобилизованными на их поверхности биомолекулами (антитела или антигены), специфичными к сывороточным маркерам различных патологий человека, и подобран специфический органический флюоресцентный краситель.

Разработана технология синтеза спектрально кодированных жидкофазных 3D-микрочипов с использованием микросфер, кодированных двумя или более типами флюоресцентных нанокристаллов с различными физико-химическими свойствами. Изучены процессы переноса энергии в гибридных микросферах за счет относительно

близкого пространственного расположения квантовых точек в составе одной микросферы.

Проведены предклинические испытания диагностической системы на базе квантовых точек (**ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет» – МИФИ**).

Развиваются новые диагностические и терапевтические технологии с применением микро- и наночастиц, направленных на разработку новых типов биосенсоров на основе структурированных оптических материалов и микроструктурных полых волноводов, предназначенных для экспресс-диагностики крови, продуктов питания, включая содержание токсических продуктов (**ФГБОУ ВО «Саратовский ГУ им. Н.Г. Чернышевского**).

Разработан метод визуализации произвольно ориентированных одиночных центров люминесценции, основанный на конфокальной сканирующей флуоресцентной микроскопии с применением поляризационно-неоднородных лазерных пучков для диагностики спинномозговой жидкости человека (СМЖ). Выявлена корреляция времени релаксации анизотропии поляризованной люминесценции пробных молекул маркера в образцах СМЖ в норме и при патологии, а также определено влияние на данный параметр ряда лекарственных препаратов (**ФГБУН «Институт лазерной физики» – ИЛФ СО РАН**).

В клиническую медицину все активнее внедряются методы неинвазивной лазерной доплерографии.

Показано, что применение неинвазивной лазерной доплерографии в сочетании с холодовой пробой в дополнение к общеизвестным методам диагностики (клинические, лабораторные, инструментальные исследования) при диффузных заболеваниях печени позволяет оценить функциональные возможности микроциркуляторного русла. Неинвазивная доплерография может служить ценным вспомогательным методом оценки стадии и прогноза течения заболевания на базе параметров микроциркуляции (**ФГБОУ ВО «Смоленский ГМУ»**).

Разработана компьютерная программа, позволяющая с высокой степенью вероятности прогнозировать хроническую болезнь почек на ранних стадиях с учетом функционального состояния эндотелия, определяемого с помощью лазерной доплеровской флоуметрии (заявка № 2015610477 от 02.02.2015 г. на получение свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ). Установлена взаимосвязь маркеров эндотелиальной дисфункции со скоростью клубочковой фильтрации у пациентов с хронической болезнью почек. Новый неинвазивный способ диагностики стадии хронической болезни почек можно использовать в скрининговом режиме до получения биохимического анализа крови на уровень креатинина, в том числе и в условиях поликлиники (**ФГБОУ ВО «Самарский ГМУ»**).

Лазерные технологии в хирургии

Предложено новое направление бескровной лазерной хирургии, в котором излучение воздействует не на саму биоткань, а на преобразующий элемент, контактирующий с биотканью. Выбрано два вида покрытий – с сильно поглощающим покрытием на основе микрочастиц

углевода и монослой микроразмерных сфер. Методика резекции с использованием специального сильно поглощающего слоя на торце оптоволокну, в которой биоткань нагревается в контакте с разогретым лазерным излучением поглощающим слоем и раздвигается боковым торцом волокна, позволяет делать рассечение на глубину до 3 мм со скоростью от 30 мм/мин с зоной коагуляции около 300 мкм. Температура в зоне резки волноводов с SAC близка к температуре размягчения материала волновода, что для кварцевого стекла составляет 1590–1727 °С. Для эффективной резки, при использовании в качестве скальпеля кварцевого волокна с покрытием в контакте нужна существенно меньшая мощность излучения для лазеров в ближнем ИК-диапазоне, которые в основном используются в лазерной хирургии (**ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Институт прикладной физики РАН»**).

Разработан алгоритм лечения больных с осложненными формами ЖКБ, включающий малоинвазивные и лазерные технологии, который расширяет возможность оказания хирургической помощи, особенно пациентам, которым ранее проводились оперативные вмешательства на желчных протоках, и больным пожилого и старческого возраста с сопутствующей соматической патологией, а также позволяет сократить время пребывания пациентов в условиях стационара и получить экономический эффект.

Разработан новый метод эндохоледохеального низкоинтенсивного лазерного облучения при холангите («Способ хирургического лечения холангита», патент РФ № 2491968), позволяющий значительно улучшить результаты лечения больных с данной патологией и уменьшить сроки их пребывания в стационаре.

Способ выделения желчного пузыря из его ложа с использованием высокоэнергетического гольмиевого лазера при лапароскопической холецистэктомии («Способ проведения холецистэктомии», патент РФ № 2533733), который позволяет уменьшить риск паренхиматозного кровотечения и воспалительных изменений в зоне ложа удаленного желчного пузыря, ускоряет процессы репарации и снижает количество послеоперационных осложнений.

Подготовлены методические рекомендации по использованию высокоэнергетического лазера при холецистэктомии и низкоэнергетического лазера при лечении холангита, а также по лазерной литотрипсии при холедохолитиазе (**ФГБОУ ДПО «РМАНПО»**).

Разработана методика эндохоледохеальной лазерной литотрипсии, включающей воздействие гольмиевого лазера (YAG:Ho), работающего в импульсном режиме в среднем инфракрасном диапазоне (длина волны 2,09 мкм) на конкременты желчных протоков и их дробление посредством оптико-волоконного световода, введенного в протоки через рабочий канал фиброхоледохоскопа. Применение данного метода позволило улучшить результаты лечения больных с холедохолитиазом, исключить необходимость увеличения объема оперативного вмешательства и свести к минимуму интраоперационные и послеоперационные осложнения (**ФГБУ «ГНЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина ФМБА России»**).

Разработан метод комплексной терапии острого деструктивного панкреатита с применением ВЛОК и местной, транскутанной комбинированной лазеротерапии с выполнением мини-инвазивных и эндоскопических вмешательств, которые позволяют в 67,7% случаев предотвратить инфицирование очагов деструкции, избежать необходимости выполнения открытых операций, сократить сроки стационарного лечения и снизить летальность по сравнению с общепринятыми протоколами лечения рассматриваемого контингента больных на 15,5%. При этом летальность при стерильном панкреонекрозе благодаря широкому внедрению мини-инвазивных и эндоскопических методов и НИЛИ снизилась с 24,4 до 5,1%. При инфицированных формах наряду с адекватной хирургической санацией благодаря применению комплексной лазерной антиоксидантной и современной антибактериальной терапии, летальность уменьшилась с 42,8 до 23,1%, что имеет важное социально-экономическое значение (**ФГБУ «ГНЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина ФМБА России»**).

Разработан и апробирован в клинической практике метод эффективного комбинированного лечения хронического радиационного проктита/колита с применением трансректального НИЛИ. Разработан способ фотодинамической терапии радиационных язв кожи промежности/перианальной области, апробирован в клинической практике и доказана его эффективность (**ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова»**).

Проведено комплексное клиническое исследование пациентов в отдаленном послеоперационном периоде после хирургического лечения сложных церебральных менингиом, которое позволило получить полное объективное представление об эффективности использования высокоэнергетического лазерного излучения в разработанных ранее медицинских технологиях, что позволяет рекомендовать их к широкому внедрению в нейрохирургических отделениях и специализированных центрах России. Подготовлено пособие для врачей «Удаление гиперостозных менингиом основания черепа с применением микрохирургической техники, операционного микроскопа, навигационной техники, интраоперационного нейрофизиологического контроля и неодимового лазера» (**ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цыбьяна»**).

Проведено сопоставление результатов применения 3 лазеров: высокоэнергетического CO₂, XeCl (экимерного) и полупроводникового (диодного). Выявлено, что низкоэнергетические лазерные установки обладают краткосрочным эффектом и их эффект со временем утрачивается. Длительный эффект обеспечивает только применение высокоэнергетического CO₂-лазера. Эффективность трансмиокардиальной лазерной реваскуляризации с улучшением перфузии миокарда может быть достигнута только с помощью высокоэнергетического CO₂-лазера (**ФГБУ «ННПССХ им. А.Н. Бакулева»**).

Проведен анализ морфофункционального состояния стенки вены после использования лазерного излучения с длиной волны 1560 нм, разработан оптимальный режим проведения процедуры эндовазальной лазерной облитерации. Доказано, что применение радиальных световодов предпочтительно по сравнению с торцевыми

световодами из-за большей равномерности воздействия лазерного излучения, меньшего количества перфораций венозной стенки, и как следствие, возможности использования меньшей мощности лазерного излучения с целью минимизации осложнений (**ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова»**).

Предложен и апробирован способ воздействия ИК-лазерного излучения (810 нм) на открытое сердце крысы *in vivo* для исследования процессов управления пространственными температурными полями в сердечной мышце при разработке технологии лазерной катетерной абляции, вызывающей подавление локальных аритмий (**ФГБУН «Институт проблем точной механики и управления РАН»**).

Выполнена серия экспериментов *in vitro* по эндовазальной лазерной коагуляции варикозных вен с использованием двухмикронного лазерного излучения в диапазоне значений мощности излучения 2,8–5,4 Вт и скорости извлечения световода 0,5–1,2 мм/с. Установлено, что наиболее эффективно коагуляция вен в экспериментах *in vitro* осуществляется при мощности излучения 3–5,4 Вт и скорости извлечения световода 0,7–1,2 мм/с. Выявлено, что нагретый слой карбонизированной крови на торце световода является дополнительным источником теплового излучения, которое увеличивает эффективность процесса эндовазальной лазерной коагуляции (**ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский ГУ им. Н.П. Огарева»**).

Разработана оригинальная аппаратура для осуществления контролируемой лазерной коррекции формы перегородки носа человека, прошедшая клинические испытания и успешно используемая в медицинской практике. Показана возможность лазерной термопластики реберных хрящей толщиной до 10–12 мм для лечения врожденных деформаций грудной клетки детей. Определены оптимальные режимы лазерной термопластики поверхностной мышечно-фасциальной системы человека (**ФГБУН «Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН»**).

Изучена эффективность различных эндоскопических методов коррекции по такому параметру, как частота усугубления недержания мочи. Определены и научно доказаны прогностические факторы риска развития рецидива стриктур уретроцистоанастомоза (УЦА). Определены показания и противопоказания к применению эндоскопических методов коррекции у таких больных. Доказано, что выполнение резекции анастомоза с использованием гольмиевого лазера является наиболее эффективным методом коррекции стриктур УЦА (**ФГБОУ ДПО «РМАНПО»**).

Проведен анализ эффективности и безопасности лазерной контактной уретеролитотрипсии и оценка отдаленных результатов контактной уретеролитотрипсии с использованием гольмиевого лазера. Показано, что с целью повышения эффективности и безопасности лечения камней мочеточников размером >6 мм целесообразно применять контактную уретеролитотрипсию в ближайшие 7 дней после развития острой мочеточниковой окклюзии. Лазерная контактная уретеролитотрипсия имеет показания к применению при любой локализации

и размерах камня мочеочника (**ФГБОУ ВО «Ростовский ГМУ»**).

Разработан метод лечения больных с гнойными ранами мягких тканей различного генеза с использованием лазерной и фотодинамической терапии с фотодитазинном, комплексированным с амфифильными полимерами в гелевой или микрокапсулированной формах. По данным клинических, цитологических, гистологических и бактериологических исследований, данный метод высокоэффективен и значительно превосходит традиционные методики, способствует выраженной активизации процессов очищения раны от некротизированных тканей, масс фибрина и колоний микроорганизмов в зоне первичного раневого канала (**ФГБУ «ГНЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина ФМБА России»**).

Разработана методика ВЛОК в комплексном лечении больных с гнойно-некротическими формами синдрома диабетической стопы, позволяющая активировать репаративные процессы раневого дефекта. Применение метода позволяет улучшить ближайшие и отдаленные результаты лечения больных, улучшить кровоснабжение тканей и сроки их заживления в 1,3 раза по сравнению с традиционными методами лечения (**ФГБУ «ГНЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина ФМБА России»**).

Лазерные технологии в стоматологии

Разработан способ эндодонтического лечения хронических форм пульпитов с применением диодного лазера и пролонгированной антибактериальной обработки корневой системы внутриканального препарата гидроокиси меди-кальция «Купрадент». Впервые применен метод внутрисосудистого лазерного облучения крови для коррекции микроциркуляторных нарушений при пародонтите (**ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова»**).

Установлена минимальная плотность энергии излучения импульса микросекундного Er-YAG-лазера, необходимая для абляции стоматологических материалов толщиной >2 мм. В ходе практических испытаний по абляции реставрационных и конструкционных материалов на удаленных зубах определена эффективность удаления стоматологических материалов микросекундным Hec1:YAG-лазером мощностью от 1 до 4 Вт. Сформулированы методические подходы в работе с микросекундным Nd:YAG-лазером с волоконной доставкой излучения для удаления реставраций из различных стоматологических материалов без повреждения твердых тканей (**ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова»**).

Создана концепция эстетического лечения пациентов с измененным цветом зубов, включающая клинико-экспериментальное обоснование применения методики коррекции цвета витальных зубов с использованием диодного лазера в эстетической стоматологии (**ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова»**).

Разработан и внедрен в практическую стоматологию алгоритм отбеливания твердых тканей зубов с активацией отбеливающего геля с помощью диодного лазера, который позволяет повысить эффективность лечения данной патологии, сохранять стабильный результат в отдаленные сроки, снизить риск возникновения врачеб-

ных ошибок и неблагоприятных исходов (**ФГБОУ ВО «Нижегородская ГМА»**).

Проведен сравнительный анализ применения эрбиевого Er:YAG и углекислотного CO₂-лазера при осуществлении второго этапа имплантации по данным клинико-лабораторных и функциональных исследований. Научно обосновано преимущество применения эрбиевого лазера при проведении второго этапа имплантации по сравнению с традиционной методикой. Изучены сроки заживления операционных ран при применении скальпеля, эрбиевого и углекислотного лазеров, при этом исследованы состав микрофлоры раневого канала, гемодинамические расстройства в микроциркуляторном русле, а также определена степень термического воздействия на имплантат и окружающие ткани при использовании лазеров (**ФГБУ «ЦНИИСиЧЛХ»**).

Лазерные технологии в офтальмологии

Проводятся работы по оптимизации системы автоматической фокусировки, по разработке новых типов офтальмологических операций при помощи фемтосекундного лазера, по разработке лазерной системы для катарактальной хирургии с использованием фемтосекундного лазера, по изучению влияния дифракции и сферических aberrаций на формирование вытянутых микроструктур с помощью фемтосекундных лазерных импульсов (**Центр физического приборостроения ФГБУН «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН»**).

Разработан, экспериментально и клинически подтвержден способ управления формой передней поверхности роговицы глаза путем создания псевдомембраны в зоне абляции полноапертурным гауссовым пучком ArF-эксимерного лазера, который позволяет проводить: коррекцию высоких степеней миопии с меньшими (по сравнению с традиционно используемыми в клиниках методиками) количествами удаляемой ткани роговицы и величинами индуцированных сферических aberrаций; коррекцию высоких степеней астигматизма и гиперметропии, оставляя нетронутым (интактным) оптический центр глаза; коррекцию пресбиопии, а также изменение формы передней поверхности роговицы в случаях нерегулярного астигматизма и кератоконуса. (**Институт проблем лазерных и информационных технологий – филиал ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН**).

Впервые изучено влияние лазерного излучения с длиной волны 1,44 мкм на роговицу в остром и хроническом опыте при различных энергетических параметрах. Разработанный метод лечения язв роговицы с использованием лазерного излучения длиной волны 1,44 мкм впервые применен в клинике (**ФГБУ «НИИГБ РАМН»**).

Разработана, обоснована в эксперименте и в клинике технология комбинированного одновременного использования высокоэнергетического Nd-YAG-лазера 1,44 мкм и низкоинтенсивного гелий-неонового лазера 0,63 мкм в катарактальной хирургии для купирования начальной фазы посттравматического воспалительного и дистрофического процесса, повышения эффективности

и безопасности операции (**ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза»**).

Разработана и внедрена в клиническую практику технология коррекции неправильного роговичного астигматизма методом трансэпителиальной топографически ориентированной ФРК на отечественной эксимерлазерной установке «Микроскан Визум» для коррекции неправильного роговичного астигматизма у пациентов со стабилизированным кератоконусом. (**ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза»**).

Разработана технология циркулярного тоннельного кросслинкинга с фемтолазерным формированием интрастромальных карманов для введения фотосенсибилизатора, которая позволяет учитывать топографическое расположение зоны эктазии, наравне со стандартной методикой КРК добиться стабилизации кератоконуса (при наблюдении в сроки до 3 лет) на фоне уменьшения выраженности роговичного синдрома, минимизации инфекционных осложнений и сокращения сроков послеоперационной реабилитации (**ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза»**).

Изучены механизмы модификации тканей глаза под действием неразрушающего лазерного воздействия и определена стабильность лазерно-индуцированных изменений. Выявлены параметры лазерного излучения, позволяющие модифицировать структуру биологических тканей за счет формирования микропористой структуры и образования микропузырьков газа при лазерно-индуцированной регенерации, при коррекции рефракции глаза, при удалении пленок вторичной катаракты и нормализации внутриглазного давления (**ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН**).

Проведено комплексное исследование функциональных и анатомо-топографических параметров переднего отрезка глаза при первичной закрытоугольной глаукоме после проведения лазерной иридэктомии. Дана оценка лазерной иридэктомии на внутриглазное давление и биомеханические свойства фиброзной оболочки глаза. Определено влияние лазерной иридэктомии на клиническую рефракцию, плотность клеток заднего эпителия роговицы и центральную толщину роговицы. Установлены прогностические критерии эффективности лазерной иридэктомии при первичной закрытоугольной глаукоме (**ФГБУ «НИИГБ РАМН»**).

Лазерные технологии в дерматокосметологии

Одной из проблем современной дерматокосметологии являются опухоли кожи, некоторые из них имеют тенденцию перерождаться и представлять угрозу для здоровья и жизни пациентов.

В **ФГБУ «ГНЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина ФМБА России»** разработана программа диагностики, включающая эксцизионную биопсию кожи, морфологическое исследование, дерматоскопию, меланометрию, оптическую когерентную томографию, радиотермометрию и лечение кератозов с применением излучения CO₂-лазера.

Полноценная предоперационная диагностика позволяет получить всестороннюю информацию о природе очага и исключить его малигнизацию. Разработанная методика лечения кератозов с использованием высокоэнергетического лазерного излучения CO₂-лазера позволила

повысить качество выполнения операций по сравнению с традиционными хирургическими методами – электроножом, криодеструктором – с точки зрения скорости удаления, бескровности воздействия, радикальности удаления, исключения инфицирования раны во время операции, уменьшения сроков заживления ран, полученного косметического результата. К преимуществам метода относятся также отсутствие необходимости специальной подготовки больных к операции, возможность проведения процедуры амбулаторно и однократно, отсутствие специфических противопоказаний к лечению, простота ухода за послеоперационной раной, отсутствие ограничений для привычного образа жизни пациента.

Установлено, что применение эксимерного лазера является эффективным и безопасным методом лечения больных с ограниченной формой атопического дерматита (**ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова»**).

Разработан метод комбинированного применения селективного фототермолиза и склерозирования при лечении врожденных и неонатальных сосудистых гиперплазий кожи челюстно-лицевой области у детей и алгоритм его применения, который дает хорошие косметические и функциональные результаты только с аппликационной анестезией (**ФГБОУ ВО «Нижегородская ГМА»**).

Для лечения сосудистых дефектов кожи, например для удаления «винных пятен», использован рекомбинационный лазер на парах стронция (длина волны 430,5 нм), впервые созданный в Южном федеральном университете (г. Ростов-на-Дону). Длина волны генерации этого лазера точно соответствует максимуму спектра поглощения гемоглобина (в полосе Соре), а длина волны 416,2 нм практически соответствует максимуму спектра поглощения оксигемоглобина (в полосе Соре). Приведенные обстоятельства позволили применять этот лазер для лечения дефектов кожи (**ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону**).

В настоящее время коррекция рубцовых изменений кожи остается одной из актуальных проблем современной дерматокосметологии.

Установлено, что наилучшие результаты лечения пациентов с вторичными рубцовыми деформациями достигаются при комбинации хирургического, консервативного лечения и терапии CO₂-лазером. Хирургическое лечение показано при наличии рубцовых функциональных нарушений и при возможности устранения рубцовой деформации или дефекта. Консервативная терапия эффективна на ранних сроках формирования рубца. Терапия CO₂-лазером показана при обширных или изолированных рубцах, эстетику которых невозможно улучшить традиционными хирургическими методами лечения. Разработанные алгоритмы лечения и профилактики у пациентов с имеющимися рубцовыми деформациями после ожогов, операций и травм, а также первичными рубцами на здоровой коже позволяют достичь хороших результатов более чем у 90% пациентов (**ФГБУ «Институт хирургии им. А.В. Вишневского»**).

Разработана методика оптимизированной «лазерной» дермабразии излучением импульсно-периодического CO₂-лазера и определены показания и противопоказания к ее применению для устранения рубцовой деформации кожи у детей (**НИИ «НДХиТ» ДЗ г. Москвы**).

Разработана эффективная методика омоложения кожи с использованием комбинированной методики фракционного CO₂-лазерного омоложения кожи и лазерофореза низкомолекулярной гиалуроновой кислоты с использованием НИЛИ (*ООО «Национальная компания красоты», г. Москва*).

Предложена схема лечения рубцов, состоящая из процедур коррекции фракционным CO₂-лазером и импульсным сосудистым лазером на красителе. Предложенная схема лечения оправдана с эстетической точки зрения по отношению к гипертрофическим, атрофическим, нормотрофическим рубцам с неровной поверхностью (*Институт дерматокосметологии доктора Богомолец, г. Киев*).

Дано научное обоснование методологии инновационных технологий комплексного лечения пациентов с угревой болезнью (УБ), базисом которых являются этапно проводимые курсы комбинированной низкоинтенсивной лазерной и фотодинамической терапии и сформулированы их алгоритмы для оптимизации лечения. В процессе ближайшего (1–2 года) и отдаленного (3–5 лет) катамнеза установлены ведущие параклинические механизмы высокой эффективности и долговременной стабильности результатов инноваций (*ФГБОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова»*).

Разработана эффективная методика лечения крупных узлов акне, свищей, конглобатных и шаровидных акне с использованием Nd:YAG-лазера с длиной волны 1064 нм и длительностью импульса 0,65 мс в режиме высокой плотности энергии (*Клиника лазерной и эстетической медицины «Лорексиния», г. Дубна*).

Разработана методика лазерного липолиза у пациентов с избыточным отложением жира с использованием Nd:YAG-лазера с длиной волны 1064 нм. Результаты исследования биоимпедансного анализа состава тела, термометрии, капилляроскопии и ультразвукового исследования подкожно-жировой клетчатки оперируемых зон показали, что наименее травматичным методом липосакции оказался лазерный липолиз, наиболее травматичным – механическая липосакция. Лазерный липолиз позволяет снизить риск осложнений и сроки послеоперационной реабилитации, является высокоэффективной и малотравматичной методикой (*ФГБУ «ГНЦ ЛМ им. О.К. Скобелкина ФМБА России»*).

Лазерные технологии в оториноларингологии

Усовершенствована методика удаления полипов полости носа путем последовательного применения

радиочастотной петли с последующим воздействием высокоэнергетическим лазерным излучением на полипозную ткань, которая может быть широко использована в клинической практике, в том числе у больных с бронхиальной астмой, тяжелой патологией сердечно-сосудистой системы, свертывающей системы крови (*ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. И.П. Павлова»*).

Разработан и внедрен в практику новый метод щадящего контактного импульсного лазерного воздействия – абляции с использованием отечественного полупроводникового лазера 980 нм при папилломатозном процессе на голосовых складках, а также метод дистантной лазерной коагуляции при обтурирующих просвет гортани папилломатозных разрастаниях. Усовершенствована методика фотодинамической терапии с использованием отечественных фотосенсибилизаторов фотодитазин и радахлорин и полупроводникового лазера с длиной волны 665 нм у больных с распространенной формой РРП гортани и трахеи (*ФГБОУ ВО «ПСПбГМУ им. И.П. Павлова»*).

Разработан способ хирургического лечения пациентов с хроническими стенозами гортани паралитической этиологии, сочетающий в себе эндоскопический доступ, микрохирургическую технику, оригинальный способ резекции черпаловидного хряща, сохранение непрерывности слизистой выстилки полости гортани путем ушивания раны после проведенной резекции, а также контактное применение диодного лазера с длиной волны 980 нм (*ФГБУ «СПбНИИ ЛОР»*).

Таким образом, исследования, проводимые в научных учреждениях Российской Федерации в области лазерной медицины, представляют большой научный интерес, проводятся на высоком методологическом уровне. Разрабатываются новые современные технологии диагностики и лечения больных в различных областях медицины с применением нанотехнологий, новой современной лазерной техники и вспомогательных материалов. Внедрение в практическое здравоохранение новых достижений научных исследований в области лазерной медицины и на их основе разработанных новых методов лечения больных позволит повысить уровень оказания медицинской помощи населению.

Поступила в редакцию 17.09.17 г.

*Для контактов: Цыганова Галина Ивановна
E-mail: ziganova@yandex.ru*