

УДК 615.849.19.035: 621.373.826

Чиссов В.И.¹, Соколов В.В.¹, Якубовская Р.И.¹, Лепёхин Н.М.², Присеко Ю.С.², Филиппов В.Г.², Гальетов М.В.², Храпов А.В.²

Многофункциональная лазерная медицинская установка «КУЛОН-МЕД» для научной и практической медицины

Chissov V.I.¹, Sokolov V.V.¹, Yakubovskaya R.I. 1, Lepekhin N.M.², Priseko Y.S.², Philippov V.G.², Galyetov M.V.², Khrapov A.V.²

Multifunctional laser medical device «KULON-MED» for scientific and applied medicine

¹ФГУ «Московский научно-исследовательский онкологический институт им. Герцена», г. Москва;²ООО «НПП ВЭЛИТ», г. Истра, Московская область

Рассмотрена концепция научного развития высокотехнологичных лазерных медицинских установок для лазеротерапии и хирургии. Приведены результаты разработки и технические характеристики лазерной медицинской установки, генерирующей лазерное излучение со спектральной шириной 0,004 нм в видимом диапазоне на длине зеленой волны ($\lambda = 510,6$ нм) с максимальной средней мощностью излучения 5,5 Вт, на длине желтой волны ($\lambda = 578,2$ нм) с максимальной средней мощностью излучения 4,5 Вт и со спектральной шириной 0,4 нм на длинах красных волн ($\lambda = 620\div 690$ нм $700\div 750$ нм) с максимальной средней мощностью излучения 2,7 Вт. Импульсная (пиковая) мощность установки в желто-зеленом диапазоне достигает 100 кВт, что позволяет в области научной медицины при длительности импульса излучения лазера по уровню 0,5 около 15 нс проводить фотобиологические исследования с использованием, например, эффектов двухфотонного возбуждения фотосенсибилизаторов, фотобличинга и др. В области практической медицины установка предназначена для медицинских учреждений, проводящих лечение методом фотодинамической терапии (ФДТ) онкологических больных, ФДТ неонкологических заболеваний, а также для применений в хирургии, гинекологии, проктологии, дерматологии, косметологии и др. Особенностью установки является возможность управления энергетическими характеристиками излучения лазера по любому алгоритму с точностью до одного импульса при энергии одного импульса не более 0,7 мДж, при этом энергетическая доза лазерного излучения регулируется в диапазоне значений, отличающихся более чем на четыре порядка. Установка снабжена высокоразвитым программным обеспечением и экраным интерфейсом, что обеспечивает возможность создания программ управления любой сложности и полной автоматизации лечебного процесса. Приведены результаты экспериментальных медицинских испытаний, подтверждающие эффективность импульсно-периодических методик импульсной (пиковой) лазеротерапии. *Ключевые слова:* импульсная лазеротерапия, фотодинамическая терапия, онкология, фотобиологические исследования.

A concept of scientific development of hi-tech laser medical installations for laser therapy and surgery is discussed by the authors. Results of development and technical characteristics of a laser medical installation generating in a visible range with a spectral width of 0.004 nm on green length of a wave ($\lambda = 510,6$ nm) with the maximum average capacity of radiation 5.5 W, on yellow length of a wave ($\lambda = 578.2$ nm) with the maximum average capacity of radiation 4.5 W and on red lengths of waves ($\lambda = 620\div 690$ nm $700\div 750$ nm) with the maximum average capacity of radiation of 2.7 W are presented. Pulse (peak) power of installation in a yellow-green range reaches 100 kW that allows to carry out photobiological researches with application, for example, effects of two-photon excitation of photosensitizers, photobleaching, etc. in scientific medicine at duration of laser impulse 15 nanoseconds and level at about 0.5. In practical medicine the discussed device may be used in medical institutions which carry out investigations on photodynamic therapy (PDT) in oncologic patients, in nononcologic diseases, as well as in clinics for surgery, gynecology, proctology, dermatology, cosmetology, etc. A specific feature of the device is a possibility to manage energetic parameters of laser light by any algorithms with accuracy up to one impulse not more than 0.7 mJ; dosage of laser energy is regulated in the range of values differing by more than four orders of the magnitude. The device is supplied with advanced software and screen interface that provides possibilities of creating management programs of any complexity as well as developing total automation of curative process. Results of medical trials confirming efficiency of pulse-periodic techniques of pulse (peak) laser therapy are presented as well. *Keywords:* impulse lasertherapy, photodynamic therapy, oncology, photobiological researches.

Введение

Широко известно, что наиболее важными и сложными вопросами высокоинтенсивной (фототермическое повреждение биоткани в виде коагуляции, карбонизации и вапоризации), среднеинтенсивной (лазерная интерстициальная термотерапия с нагревом опухолевой ткани до 42–45 и 50 °С и фотодинамической терапии (ФДТ) с различными фотосенсибилизаторами) и низкоинтенсивной (рефлексотерапия, обезболивание, биостимуляция, иммуномодуляция, диагностика) импульсной лазеротерапии являются: точность фотометрии, подбор оптимальных доз облучения, времени экспозиции и частоты генерации лазерных импульсов. Известно, что, изменяя частоту следования импульсов генерации, можно регулировать среднюю выходную мощ-

ность излучения, а значит, и дозу лазерного облучения. К примеру, при проведении ФДТ «плотность мощности лазерного излучения составляет 0,05–1,0 Вт/см² (средняя - 0,2–0,3 Вт/см²), плотность энергии 50–600 Дж/см² (средняя -100–300 Дж/см²), время облучения колеблется от трех минут до часа в зависимости от размеров опухоли, выбранной плотности мощности и плотности энергии» [6], а частота генерации лазерных импульсов лежит в интервале от 5 Гц до 15 кГц. При проведении ФДТ в настоящее время в России используют фотосенсибилизаторы различных классов (производное гамтапорфирина-фотогем; сульфопроизводные фталоцианина - фотосенс, фталосенс; производные хлорина еб - радахлорин, фотодитазин, фотолон, фоскан; аласенс-индуцированный протопорфирин IX), имею-

щие в диапазоне длин волн 400÷690 нм следующие локальные максимумы поглощения: 400, 501, 504, 510, 534, 600, 608, **630, 635, 652, 662, 670, 690** нм (выделены максимумы поглощения длин волн лазерного излучения, которые используются для ФДТ в онкологии). Для возбуждения флуоресценции указанных фотосенсибилизаторов в процессе диагностического исследования используют следующие длины волн лазерного излучения: 408, 442, **510**, 532, **633** нм. В связи с этим медицинскому учреждению для оказания диагностической и лечебной помощи при проведении флуоресцентной диагностики и ФДТ требуется как минимум восемь лазерных установок с длинами волн генерации в диапазоне 400÷690 нм и возможностью регулирования плотности мощности, энергии лазерного излучения и частоты генерации лазерных импульсов в диапазоне значений, отличающихся на порядок и более. Другим важным требованием к медицинской лазерной установке при проведении ФДТ является узкая спектральная ширина генерируемого лазерного излучения (это уменьшает или исключает гипертермический эффект и необходимость обезболивания обрабатываемой поверхности), а также возможность плавной регулировки излучения в красной и ближней инфракрасной (ИК) зонах спектра в процессе сеанса ФДТ, что связано с пиками поглощения фотосенсибилизаторов, которые могут изменяться в процессе развития фотобиологических эффектов лечения. К примеру, «фотосенсибилизатор фотосенс в процессе ФДТ может изменять свои фотофизические свойства в зависимости от pH-среды, смещая максимум поглощения до 5 нм при изменении pH от 1,5 до 9,0 [1]», а при аласенс-ФДТ в процессе лечения образуются активные вторичные фотопродукты с максимумом поглощения 670 нм. С другой стороны, ведется постоянный поиск новых типов фотосенсибилизаторов, обладающих более высокой терапевтической активностью и быстрой фармакокинетикой накопления и выведения, у которых максимумы поглощения могут не совпадать с длинами волн генерации существующих медицинских лазеров. Кроме того, в настоящее время экспериментальная и клиническая медицина остро нуждается в источниках лазерного излучения для проведения различных фотобиологических исследований с целью создания новых методик низкоинтенсивной лазерной терапии, ФДТ с использованием фракционирования (разделения) световой дозы, двухфотонного возбуждения фотосенсибилизаторов с использованием низкой средней мощности и низкой частоты генерации импульсов, когда длительность излучения очень короткая, а пиковая (импульсная) мощность очень высокая. Последнее позволит, в частности, существенно снизить световую нагрузку на здоровые ткани. Такие исследования возможны с применением пикосекундных или наносекундных лазеров, в частности, лазеров на парах меди (ЛПМ) [2]. Исходя из требований необходимости регулирования энергетических характеристик, фракционирования световой дозы лазерного излучения, хирургические и терапевтические медицинские установки должны быть оснащены приборами метрологического контроля, что обеспечит безопасность, объективность и эффективность применения всех известных и вновь разрабатываемых мето-

дик лечения. Очевидно также, что работа современных лазерных медицинских установок должна базироваться на новейших технологиях, связанных с быстродействующей вычислительной техникой (с использованием персонального компьютера (ПК) и Интернета), обеспечивающей как работу всей установки в целом, так и управление энергетическими параметрами лазерного излучения с контролем и регистрацией их параметров, с возможностью ведения электронной медицинской карты, истории болезни пациента и автоматическим сохранением данных о параметрах работы установки. Немаловажным условием для современных медицинских лазерных установок является выполнение требований технической эстетики и дизайна, портативности установки и удобства ее перемещения внутри помещений, а также невысокой стоимости. Концепция развития лазерных медицинских установок должна учитывать возможную потребность для использования лазерного излучения одной установки в нескольких кабинетах (многоканальная световодная система), что резко повышает пропускную способность аппаратуры особенно в многопрофильных лечебных учреждениях. Последнее возможно при разработке и использовании лазерных медицинских установок повышенной мощности.

Таким образом, концептуальный план научного развития современных высокотехнологичных установок для низкоинтенсивной лазерной терапии, ФДТ и лазерной хирургии заключается в разработке многофункциональных (универсальных) лазерных медицинских установок, генерирующих лазерное излучение высокой и повышенной мощности в широком диапазоне длин волн, удовлетворяющих всем вышеперечисленным требованиям и обладающих достаточно низкой стоимостью. Это позволит использовать все высокоэффективные известные методики лазерного лечения; исследовать и разработать новые методики лазерной терапии и хирургии (лазерная терапия с двухфотонным возбуждением, с фракционированием светового излучения и др.); обеспечит возможность создания программ управления повышенной сложности и полной автоматизации лечебного процесса (в перспективе с управлением через Интернет); повысит качество обследования и лечения больных при оказании диагностической и лечебной помощи при различной онкологической и неонкологической патологии как в специализированных, так и в многопрофильных лечебных учреждениях.

Ни одна из известных отечественных [5, 7-9] и зарубежных [10-12] лазерных медицинских установок не удовлетворяет обозначенным выше требованиям.

В рамках выполнения государственного контракта в ФГУ «Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена» (г. Москва) совместно с предприятием ООО «НПП ВЭЛИТ» (г. Истра) разработана «Установка лазерная медицинская многофункциональная КУЛОН-МЕД 01,02,03» (далее установка).

Краткая характеристика изделия

Установка генерирует лазерное (когерентное, монохроматическое, коллимированное) излучение видимого зеленого, желтого, желто-зеленого, красного и ближнего

ИК-диапазонов спектра в импульсном режиме работы лазера.

Для импульсных лазеров характеристики излучения определяются тремя параметрами: пиковой мощностью, длительностью импульса лазерного излучения и частотой следования импульсов излучения. При этом средняя мощность излучения определяется произведением всех трех названных величин. Энергия одного лазерного импульса определяется произведением величины пиковой мощности излучения на длительность импульса, а энергетическая доза (энергия лазерного излучения) - произведением величины средней мощности на время излучения импульсного лазера, при фракционировании световой дозы - произведением величины средней мощности на общее время работы лазера. Следует заметить, что для лазеров непрерывного действия (изготавливаются в России: полупроводниковые (твердотельные) лазеры «Биоспек», Милон- Лахта, Соларис-ФДТ, Алон-01 «Гранат», ЛПС-АЗОР, медицинские лазерные аппараты серии «ЛАТУС» и некоторые другие) мощность генерируемого лазерного излучения остается постоянной величиной в течение всего времени работы лазера. При этом для лазеров непрерывного действия возможна работа в модулированном режиме, но такие параметры, как пиковая мощность, длительность импульса, энергия импульса и частота следования - отсутствуют, а энергетическая доза определяется произведением величины постоянной мощности (указывается в паспорте на лазерный аппарат) на время излучения (общее время работы) лазера.

Внешний вид установки представлен на рис. 1. Установка предназначена для направленного фотохимического селективного воздействия на ткани организма при различной степени интенсивности излучения, включая ФДТ и лазерную хирургию, а также низкоинтенсивную лазеротерапию, когда лазерное излучение подводится гибкими световодами непосредственно к пораженному участку ткани. В качестве основного элемента установки, генерирующего лазерное излучение, используется ЛПМ, работающий в режиме высокоскоростной импульсной модуляции [3-4], который, в свою очередь, служит для накачки лазера на растворах красителей (ЛРК). При этом ЛПМ генерирует лазерное излучение со спектральной шириной $\sim 0,004$ нм на зеленой (510,6 нм) и желтой (578,2 нм) длинах волн с суммарной средней мощностью излучения ~ 10 Вт, а ЛРК генерирует лазерное излучение со спектральной шириной $\sim 0,4$ нм в красном (620÷690 нм) и ближнем ИК-диапазонах (700÷750 нм) с максимальной средней мощностью излучения 2,7 Вт и возможностью плавной регулировки генерируемых ЛРК длин волн с точностью до одного нанометра. Для низкоинтенсивной лазеротерапии по отдельному световоду возможна работа установки на зеленой, зелено-желтой и красной линиях генерации со средней мощностью излучения не более 100-150 мВт. Установка позволяет осуществлять управление проведением операций от ПК, программное обеспечение (ПО) которого дает возможность: управлять работой всей установки; контролировать работу всех блоков установки; выбирать с помощью клавиатуры ПК диапазон

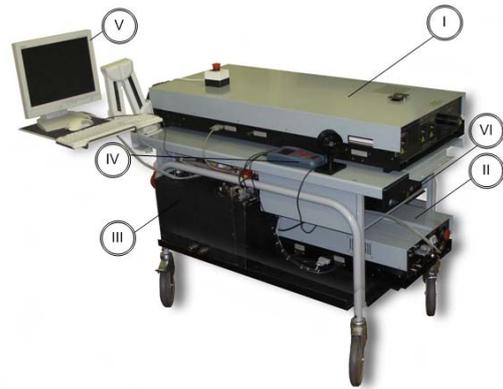


Рис. 1 Внешний вид установки: I - излучатель с оптической схемой формирования и разводки лучей; II – блок источника электропитания; III - помпа для прокачки раствора красителя; IV - измеритель мощности лазерного излучения и термоголовка; V - монитор и клавиатура; VI - персональный компьютер

длин волн лазерного излучения; плавно регулировать параметры мощности выходного лазерного излучения; производить калибровку мощности излучения; устанавливать и указывать режим работы установки и время паузы; плавно устанавливать время работы лазера в режиме фракционирования световой дозы с точностью до одного импульса по любому алгоритму; включать, выключать и приостанавливать работу установки; вести медицинскую карточку и историю болезни пациентов; автоматически сохранять данные о сеансах работы установки для каждого пациента; рассчитывать значение плотности мощности излучения ($\text{мВт}/\text{см}^2$); отображать необходимую продолжительность сеанса по заданным параметрам мощности и насадки на конце световода (линз, диффузоров и т. д.); вести отчет времени с момента начала сеанса и времени, оставшегося до завершения сеанса; возможность прерывать процедуру в любой момент.

Технические характеристики установки приведены в табл. 1. Основными областями применения установки являются дерматология, пульмонология, гастроэнтерология, проктология, гинекология, косметология и др., а также ФДТ злокачественных опухолей основных локализаций и ФДТ при неонкологических заболеваниях. В зависимости от области применения и конструкции излучателя установка изготавливается в трех модификациях: «КУЛОН-МЕД» 01, 02, 03. При прокладке световодов и наличии локальной компьютерной сети работа установки может быть организована для последовательного лечения больных в нескольких кабинетах, как это показано на рис. 2.

Результаты экспериментальных исследований установки по изучению противоопухолевой эффективности метода ФДТ с фракционированием световой дозы

Испытания были выполнены на установке «КУЛОН-МЕД 03» при использовании импульсного режима облучения на животных (мышь) с саркомой S-37 и сравнивались с эффективностью ФДТ при непрерывном облучении от лазера «Биоспек».

Таблица 1

Технические характеристики установки

| Модификация установки* (***) | КУЛОН-МЕД 01 | КУЛОН-МЕД 02 | КУЛОН-МЕД 03 |
|---|-------------------------------|--------------|-----------------------|
| Максимальная/минимальная частота следования импульсов генерации | 14 кГц / моноимпульсный режим | | |
| Длины волн излучения для диапазонов, нм: | | | |
| - зеленого | 510,6 | | 510,6 |
| - желтого | 578,2 | | 578,2 |
| - красного | - | | 620÷690, 680÷750** |
| Спектральная ширина лазерного излучения, нм | 0,003÷0,004 | | 0,4 |
| Максимальное значение средней/пиковой (Вт/кВт) мощности излучения на выходе установки для диапазонов: | | | |
| - суммарного желто-зеленого | 10/100 | 10/100 | 10/100 |
| - зеленого | 5,5/60 | 5,5/60 | 5,5/60 |
| - желтого | 4,5/40 | 4,5/40 | 4,5/40 |
| - красного | - | - | 2,7/30 |
| Энергия импульса не более, мДж | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| Время импульса лазерного воздействия (по уровню 0,5), нс | 15 | | |
| Расходимость излучения лазерного пучка (мрад) для диапазонов: | | | |
| - суммарного желто-зеленого | 1,0 | 1,0 | |
| - зеленого | 0,9 | 0,9 | - |
| - желтого | 1,0 | 1,0 | - |
| - красного | - | - | 0,5 |
| Диаметр инструментальной части подключаемого световодного кабеля, мкм/тип разъема | 400÷800/SMA 905 | | |
| Охлаждение принудительное | Воздушное | | |
| Температура окружающего воздуха, °С | +15÷25 | | |
| Мощность потребления от сети не более, кВА | 2,5 | | |
| Время выхода на режим по уровню 80% от средней мощности не более, мин | 60 | | |
| Режим включения | Автоматический | | |
| Наработка на отказ, час | 2000 | | |
| Электробезопасность соответствует | ГОСТ 12.1.019 | | |
| Лазерная безопасность соответствует | ГОСТ Р 50723 (класс 3В) | | |
| Климатическое исполнение | УХЛ 4,2 по ГОСТ 15150 | | |

Примечание. * — конструктивное исполнение модификаций 01, 02 — моноблок; модификация 03 имеет трехблочное исполнение; ** — для диапазона 620—690 нм используется краситель оксазин-17; для диапазона 680-750 нм используется краситель пиридин-2; *** - возможность присоединения датчиков пульса, давления, температуры и дыхания пациента, устройств хронобиологической синхронизации, а также системы оптического сканирования и т. д. (для всех модификаций установки).

Материалы и методика исследования

Исследования выполнены на мышах-гибридах F1, самках, массой тела 20-25 г, выращенных в ГУ «НЦБМТ РАМН». Опухолевый штамм S-37 поддерживали *in vivo* в асцитном варианте. Для экспериментов асцитическую жидкость в разведении 1 : 3 изотоническим раствором NaCl прививали под кожу на наружную поверхность бедра задней лапы. Фотосенс вводили на 6-7-е сутки после инокуляции опухолевого материала однократно внутривенно в дозе, равной 2 мг/кг, за 4 ч до облучения. Размер опухолей на день лечения составлял 64-125 мм³. Параметры облучения как при импульсном, так и при непрерывном облучении были одинаковы. Оценка противоопухолевой эффективности проводили в процентах по торможению роста опухоли (ТРО). Минимальным биологически значимым эффектом считали ТРО, равное 50%.

Результаты исследования

Исследовали противоопухолевую эффективность четырех режимов лечения, при этом в трех режимах опухоль облучали в импульсном режиме и в одном режиме патологический очаг облучали непрерывным

лазерным излучением. Результаты испытания приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты исследования противоопухолевой эффективности метода ФДТ с препаратом фотосенс у мышей с S-37 при использовании в качестве источников излучения лазера «КУЛОН-МЕД 03» и непрерывного лазера «Биоспек»

| № режима | Схема лечения | ТРО в % на день после лечения | | | | | |
|----------|---|-------------------------------|----|----|----|----|----|
| | | 7 | 12 | 14 | 17 | 19 | 21 |
| 1 | 2 мин облучения с частотой 14 кГц, 1 мин паузы | 88 | 87 | 77 | 70 | 70 | 54 |
| 2 | 1 с облучения с частотой 14 кГц, 1 с паузы | 100 | 95 | 88 | 90 | 88 | 90 |
| 3 | Облучение без пауз с частотой облучения 14 кГц | 74 | 74 | 77 | 79 | 82 | 83 |
| 4 | Облучение в непрерывном режиме, лазером «Биоспек» | 72 | 51 | 54 | 47 | 3 | 2 |

Примечание. Режимы облучения: длина волны - 670 нм; плотность мощности — 100 мВт/см²; плотность энергии — 90 Дж/см².

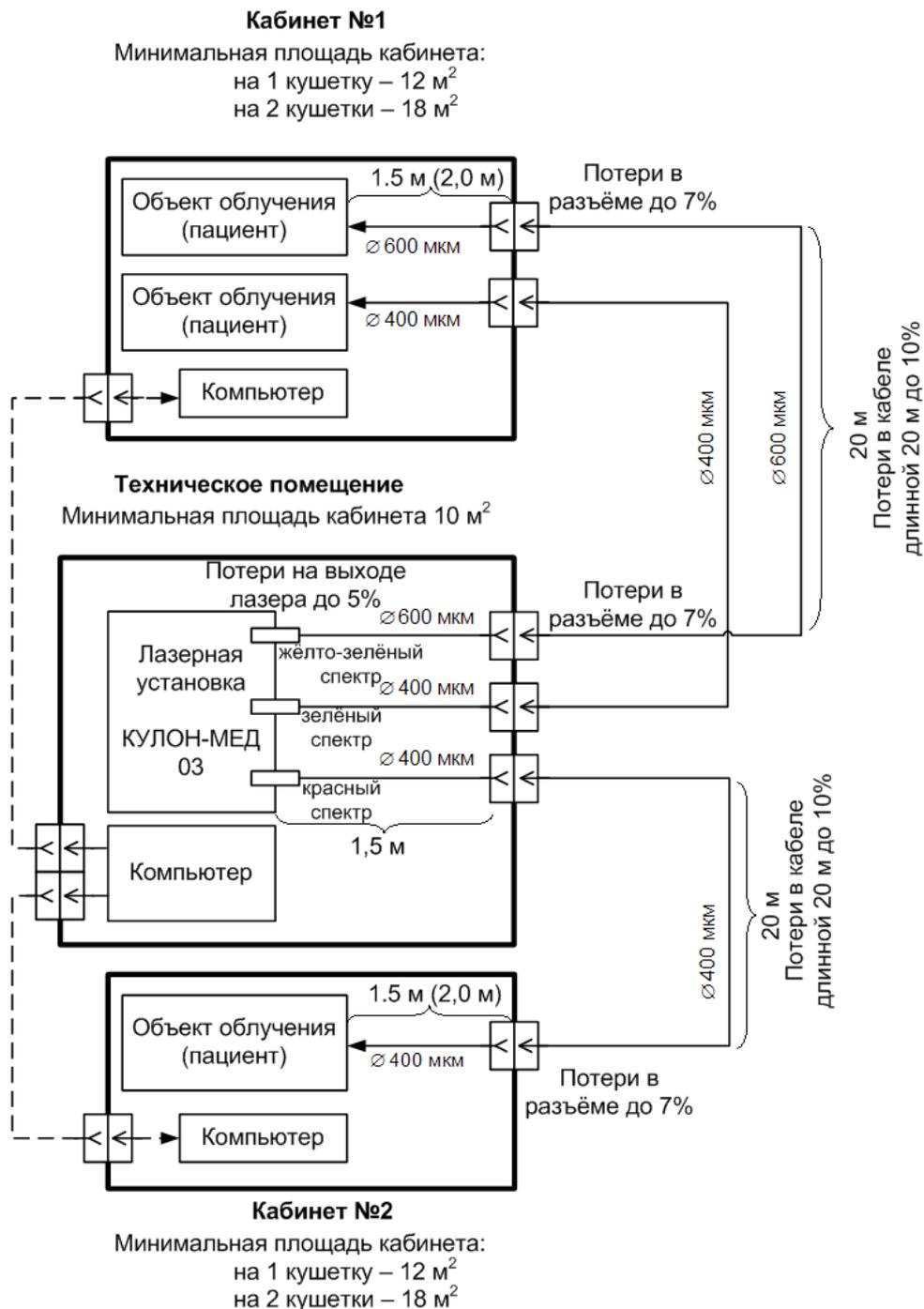


Рис. 2. Требования к характеристикам световодов и помещениям при организации работы установки «КУЛОН-МЕД 03» на три рабочих места для лечения больных в двух кабинетах

Как видно из представленных в табл. 2 данных, эффективность ФДТ с препаратом фотосенс была существенно выше при использовании лазера «КУЛОН-МЕД 03». Наиболее эффективным было лечение при использовании режима № 1 и особенно режима № 2. При этом у животных наблюдали длительное (в течение 21 дня после лечения) ТРО на уровне 100 - 75% (табл. 2, группа 2, 3). Следует отметить, что и продолжительность жизни животных в этих опытных группах была выше. Эффективность лечебной процедуры при применении непрерывного излучения (табл. 2, группа 4) оказалась существенно ниже всех других. Максимальная величина ТРО, равная 72%, была отмечена только на 7-е сутки после лечения. На 19-е и

21-е сутки наблюдения у животных этой группы величина ТРО не превысила, соответственно, 3 и 2%.

Таким образом установлено, что ФДТ в режимах облучения на установке «КУЛОН-МЕД 03» у мышей с S-37 оказывала выраженное противоопухолевое действие.

Клинические наблюдения

Клинические наблюдения с использованием установки «КУЛОН-МЕД 03» выполнены на 10 пациентах.

Материалы и методики проведения операций приведены в приложении.

Выводы по результатам клинических наблюдений

В результате проведенных клинических испытаний установки «КУЛОН-МЕД 03» апробированы методики импульсной лазеротерапии для лечения больных как с онкологическими, так и неонкологическими заболеваниями. Для лечения этой категории больных использовали следующие технические возможности данной установки:

а) лазерная склерозирующая терапия в диапазоне желтого спектра (578 нм) при капиллярных гемангиомах и телеангиоэктазии с выраженным положительным эффектом;

б) комбинированная лазерная терапия в желтом и ИК-диапазонах спектра при кавернозных гемангиомах с выраженным положительным эффектом;

в) лазерная терапия эзофагита и анастомозитов в диапазоне желтого и красного спектров с выраженным положительным эффектом;

г) ФДТ с фотосенсибилизаторами (радахлорин, фотогем) в диапазоне красного спектра (662,630 нм) в лечении рецидива рака желудка и толстой кишки с хорошим эффектом.

Проведены также клинические испытания методик лазерной терапии с фракционированием излучения, при этом установка позволяет выполнять плавное регулирование энергетической дозы лазерного излучения от 0,7 мДж/с до 9,8 Дж/с, т. е. в диапазоне значений, отличающихся более чем на четыре порядка, что, учитывая первые результаты клинических испытаний, дает возможность для разработки новых методик лечения доброкачественных и злокачественных новообразований.

Заключение

Разработанная установка соответствует современным требованиям медицинской практики. Важным преимуществом установки является возможность ее работы с повышенной мощностью излучения в нескольких (двух, трех) медицинских кабинетах в диапазоне длин волн от желто-зеленого до красного и ближнего ИК-излучения, когда управление энергетическими характеристиками излучения лазера может выполняться по любому алгоритму с точностью до одного импульса при энергии одного импульса не более 0,7 мДж. Установка может быть использована для проведения различных фотобиологических исследований с целью создания новейших методик лазерной терапии и хирургии. Данная установка совместима с компьютеризованной системой флуоресцентной спектрофотометрии или биофотометрии, устройствами хронобиологической синхронизации, всеми типами рабочих насадок на выходе световодных кабелей и т. д. Оснащение установки ПК и ПО с высокоразвитым экраным интерфейсом обеспечивает возможность создания программ управления любой сложности и полной автоматизации лечебного процесса во всех областях применения установки (общая хирургия, дерматология, косметология, проктология, ФДТ и др.). Последнее позволяет выполнить запись лазерных технологий (методик) лечения заболеваний на жестком носителе, например CD-диске, и поставлять потребителям лазерную медицинскую установку и методики лечения заболеваний как

вместе, так и в отдельности друг от друга.

В перспективе возможен обмен или обновление методик через Интернет.

В настоящее время зарубежных аналогов установки не имеет. По экспертным оценкам, стоимость установки не превышает \$50.000 USA. Фирмы США («Coherent», «Spectra Physics») выпускают серийные ионные лазеры непрерывного действия (отсутствует регулирование по частоте) в сине-зеленом и красном диапазонах стоимостью \$100.000 USA, т. е. стоимость разработанной установки значительно ниже стоимости одного зарубежного лазера.

Таким образом, установка «КУЛОН-МЕД» в большой мере соответствует разработанному концептуальному плану научного развития по созданию лазерных медицинских установок для лазеротерапии и хирургии. По техническим характеристикам установка превосходит все известные аналоги и может быть использована при разнообразных экспериментальных исследованиях, а также в клинических условиях для оказания диагностической и лечебной помощи пациентам с различной онкологической и неонкологической патологией как в специализированных, так и в многопрофильных лечебных учреждениях.

Приложение**Клинические наблюдения****Косметология**

1) Пациентка К., 1989 г. р., Москва. Диагноз: телеангиоэктазия кожи правой щеки (5х5 мм).

Лечение

Один сеанс лазерного лечения с использованием глубокого световода диаметром 600 мкм с микролинзой, дистанционное облучение очага телеангиоэктазии лазером в желтом диапазоне спектра (578 нм) в импульсном режиме, частота следования импульсов 14 кГц с фракционированием световой дозы 0,2/0,2 с (здесь и далее в числителе указано время лазерного излучения в знаменателе - время паузы), мощность лазерного излучения 1 Вт. Последовательно, по ходу эктазированных сосудов кожи щеки, выполнено 40 импульсов лазерного воздействия без констатации во время сеанса лечения эффекта термopовреждения кожи.

Результат: при контрольном осмотре через 2 мес. - исчезновение телеангиоэктазии кожи без формирования рубца с очень хорошим косметическим результатом

2) Пациентка Б., 1940 г. р., Астрахань. Диагноз: капиллярная гемангиома кожи головы (12х14 см).

Лечение

Четыре сеанса лечения (с интервалом 1 мес.) с использованием световода диаметром 600 мкм с макролинзой и последовательным использованием лазерного излучения в красном (662 нм) и желтом (578 нм) диапазонах генерации, мощность 1,2 Вт, частота следования импульсов 14 Гц с фракционированием световой дозы 0,2/0,2 с. Время облучения всей площади гемангиомы: 662 нм — 70 мин, 578 нм-20 мин

Результат: склерозирование капиллярной гемангиомы кожи по всей площади поражения без грубых рубцов с обширными участками светлой кожи и единичными очагами (до 4-5 мм) остаточной поверхностной гемангиомы.

3) Пациентка В., 1936 г. р., Кострома. Диагноз: кавернозная гемангиома кожи волосистой части головы (10х8 см).

Лечение

Первый этап (май 2009 г.). Пять сеансов Nd:YAG-лазерной дистанционной коагуляции сосудов гемангиомы с охлаждением поверхности кожи с помощью льда. Длина волны 1,064 нм, мощность 24 Вт, импульсный режим, длительность импульса 0,2 с. Последовательно обработана вся поверхность гемангиомы.

Результат первого этапа лечения: частичное склерозирование гемангиомы на площади до 40%.

Второй этап (август 2009 г.) ФДТ с радахлорином остаточной гемангиомы кожи головы. В/в введение радахлорина в дозе 0,6 мг/кг за 3 часа до начала ФДТ. Сеанс лечения с помощью лазера с длиной волны 662 нм, частота следования импульсов 14 кГц с фракционированием световой дозы 2/1 с, мощность излучения 800 мВт, диаметр светового пятна — 1,0 см, плотность энергии — 42 Дж/см².

Результат (через 2 мес.) - частичное склерозирование остаточной гемангиомы на площади до 30%.

Третий этап (ноябрь-декабрь 2009 г., сентябрь-октябрь 2010 г.). Лазерная терапия в виде десяти последовательных сеансов лечения с интервалом 1 мес. с использованием микролинзы и облучением остаточной гемангиомы лазером в желтом (578 нм) диапазоне генерации, частота следования импульсов 14 кГц с фракционированием световой дозы 0,2/0,2 с, мощность 1,2 Вт, смена позиций с интервалом 2-3 с. Общее время одного сеанса лечения гемангиомы - 30 мин. Суммарная энергия - 1080 Дж.

Результат: склерозирование более 90% кавернозной гемангиомы без грубых рубцовых изменений кожи с сохранением ее тургора и эластичности.

Неонкологические воспалительные заболевания желудочно-кишечного тракта

4) Больной М., 1963 г. р., Московская обл. Диагноз: ГЭРБ (гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь), эрозивный рефлюкс-эзофагит.

Лечение

Проведено 4 сеанса с использованием световода диаметром 600 мкм с цилиндрическим диффузором длиной 2 см, красная линия генерации (630 нм), частота следования импульсов 14 кГц с фракционированием световой дозы 2/1 с, Рвых - 60 мВт, 2 позиции, время позиции -1,5 мин, время общее — 3,0 мин, общая энергия — 7,2 Дж.

Результат: купирование симптомов эзофагита в виде снижения воспалительных явлений, уменьшения болевого синдрома, эпителизации эрозий. Осложнений от проведенного лечения нет.

5) Больной Д., 1956 г. р., Москва. Диагноз: рак пищевода Барретта I ст., состояние после одномоментной резекции и пластики пищевода (ОРИП). Состояние после ФДТ с препаратом радахлорин. Осложнение: эрозивный анастомозит.

Лечение

Проведено 4 сеанса с использованием световода диаметром 600 мкм с цилиндрическим диффузором длиной 2 см, красная линия генерации (630 нм), частота следования импульсов 14 кГц, Рвых - 60 мВт, 4 позиции, время позиции - 1,5 мин, время общее — 6 мин, общая энергия — 21,6 Дж.

Результат: купирование симптомов анастомозита в виде уменьшения воспалительных явлений в конце курса лечения и эпителизации эрозий через 7 дней после завершения низкоинтенсивного лазерного лечения. Осложнений от проведенного лечения нет.

6) Больной М., 1955 г. р., Московская обл. Диагноз: рак с/3-в/3 желудка с переходом на пищевод ТЗМ1Н0, состояние после радикального хирургического лечения.

После операции эрозивный эзофагит.

Лечение

Проведено 5 сеансов с использованием световода диаметром 600 мкм с цилиндрическим диффузором длиной 2 см, желтая (578 нм) линия генерации, частота следования импульсов 14 кГц, Рвых - 60---70 мВт, время -1,5 мин, время общее — 3,0 мин, общая энергия — 11,7 Дж.

Результат: купирование симптомов эзофагита в виде уменьшения воспалительных явлений в конце курса лечения и эпителизации эрозий через 7 дней после завершения низкоинтенсивного лазерного лечения. Осложнений от проведенного лечения нет.

7) Больная Т., 1958 г. р., Смоленск. Диагноз: состояние после эндоскопического лечения и сочетанной ЛТ рака трахеи (1997 г.). Рубцовый стеноз трахеи. Состояние после двукратного стентирования трахеи с последующим удалением. Курс противовоспалительной низкоинтенсивной лазерной терапии в зоне рубцового сужения трахеи.

Лечение

Проведено 4 сеанса с использованием световода диаметром 600 мкм с цилиндрическим диффузором длиной 2 см, желтая линия (578 нм) генерации, частота следования импульсов 14 кГц, Рвых - 40---55 мВт, 2 позиции, время позиции -1,5 мин, время общее -3,0 мин, общая энергия -9,1 Дж.

Результат: купирование воспалительных явлений при завершении курса лечения.

Рак желудка и прямой кишки - ФДТ с препаратом радахлорин (662 нм)

8) Больной Н., 1937 г. р., Москва. Диагноз: рак желудка, состояние после хирургического лечения. Рецидив заболевания в зоне анастомоза.

Лечение (паллиативное ФДТ)

Сеанс ФДТ с радахлорином, красная линия генерации (662 нм), частота следования импульсов 14 кГц, кварцевый световод диаметром 600 мкм, цилиндрический диффузор длиной 2 см, Рвых — 480 и 560 мВт, время общее — 32,1 мин, общая энергия — 1017 Дж.

Результат: уменьшение экзофитного компонента опухоли, расширение просвета анастомоза через 2 недели после окончания низкоинтенсивного лазерного лечения. Без рецидива заболевания 6 мес.

9) Больной Е., 1945 г. р., Орел. Диагноз: ранний рак желудка II ст., состояние после 2 курсов ФДТ.

Лечение

Сеанс ФДТ с препаратом фотогем, световод диаметром 600 мкм, цилиндрический диффузор длиной 1 см, красная линия генерации (630 нм), частота следования импульсов 14 кГц, Рвых - 400 мВт, 4 позиции, время общее — 36 мин, общая энергия - 864 Дж.

Результат: без рецидива заболевания в течение 6 мес. в виде отсутствия макроскопических признаков опухолевого роста и при эндосонографии - отсутствия утолщения слизистой в зоне проведенного лечения.

10) Больная Н., 1967 г. р., Москва. Диагноз: 1) рак нисходящего отдела толстой кишки, состояние после хирургического лечения, без рецидива заболевания; 2) рецидивирующая аденома прямой кишки, состояние после многократных электрорезекций, рецидив. 2 курса ФДТ.

Лечение

Сеанс ФДТ с препаратом радахлорин, ректальный датчик диаметром 2,2 см и длиной 3 см, красная линия генерации (662 нм), частота следования импульсов

14 кГц, Рвых — 1,6 Вт, время — 15 мин, общая энергия — 1440 Дж.

Результат: без рецидива заболевания в течение 6 месяцев в виде отсутствия макроскопических признаков опухолевого роста.

Литература

1. Васильев Н.Е., Романов В.Н. рН внутриорганной среды как один из параметров для фотодинамической терапии // Лазерная медицина. 2002, Т. 6, вып. 1. С. 30-32.
2. Григорьянц А.Г., Казарян М.А., Лябин Н.А. Лазеры на парах меди: конструкция, характеристики и применение. М.: Физматлит, 2005. 312 с.
3. Лепехин Н.М., Присеко Ю.С., Филиппов В.Г. Высокоскоростная импульсная модуляция излучения лазеров на самоограниченных переходах атомов химических элементов // Прикладная физика. 2006, № 1. С. 8-14.
4. Лепехин Н.М., Присеко Ю. С, Филиппов В.Г. и др. Исследование энергетических характеристик излучения саморазогретого промышленного лазера «КУЛОН-10Cu-M» // Квантовая электроника. 2007. 37, № 8. С. 765-769.
5. Огиренко А.П., Кобцев С.М., Денисов А.Н. и др. Отечественный лазерный комплекс «Спектрмед-III» и его применение в медицинской практике // Лазерная медицина. 1999. Т. 3, вып. 3-4. С. 82-85.
6. Странадко Е. Ф. Фотодинамическая терапия // Применение низкоинтенсивных лазеров в клинической практике / Под ред. О.К. Скобелкина. Изд-во ООО«Полиграф-Информ», 296 с. С. 173-184.
7. Internet: <http://www.yachroma.com>
8. Internet: <http://www.yachroma.com/auran/system.htm>
9. Internet: <http://www.mustangmed.ru>
10. Internet: <http://biolitec.com>
11. Internet: <http://laserscopelasers.com>
12. Internet: <http://www.coherent.com/index.cfm>

Поступила в редакцию 23.08.10 г.

Для контактов: Лепехин Николай Михайлович.

E-mail: info@schema5