

# ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ОТКЛИК ЭЛЕКТРОЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОРГАНИЗМ

**Л**азерное излучение физиотерапевтических приборов влияет на биообъект на уровне клетки, тканей, на уровне органов. Созданный прибор позволяет оценить температурный отклик организма пациента на локальное электролазерное воздействие.

Традиционно в физиотерапии используют методы электро- и магнитотерапии, ультразвуковой и УВЧ-терапии, термо- и криотерапии и некоторые другие. С появлением относительно недорогих низкоинтенсивных лазеров и достаточно мощных светодиодов лидирующие позиции в лечебной практике стала занимать лазеро- и светотерапия, а также их сочетание с методами физиотерапии: магнитолазерная, электролазерная и т.д. При сочетании методов факторы воздействия суммируются или потенцируют друг друга.

В литературе [1] описаны некоторые механизмы действия лазерного излучения на биообъект, которые реализуются на субклеточном, клеточном, тканевом, органном и системном уровнях. Однако эти описания достаточно сложны для разработчиков физиотерапевтических аппаратов и практикующих врачей. В то же время, появляются вторичные эффекты низкоинтенсивного лазерного воздействия на биоткани, которые представляют собой комплекс адаптационных и компенсационных реакций в организме. Эти реакции могут проявляться в виде изменения температуры, кровотока, проводимости и других факторов в зоне физиотерапевтического воздействия. Их параметры можно измерить и использовать для управления физиотерапевтической процедурой. Цель проведенных исследований – оценить влияние комбинированной электролазерной терапии на температуру тела пациента в зоне воздействия. Стандартные термометры не позволяли выявить явную зависимость между терапевтическим воздействием и температурным откликом организма на него.

Для этих исследований использовали серийно выпускаемый урологический аппарат АЭЛТИС-Синхро-02 [2]. У аппарата есть два канала электростимуляции, генерирующих пакки биполяр-

ных импульсов с регулируемой частотой и амплитудой, а также полупроводниковые лазеры красного диапазона ( $\lambda=0,65$  мкм,  $P=20$  мВт) и инфракрасного ( $\lambda=0,81$  мкм,  $P=150$  мВт) диапазонов. При проведении процедур пользовались комбинированным ректальным электродом с зеркальной отражающей системой. Лазерное излучение подавалось через волоконно-оптический модуль-смеситель (рис.1). Для измерения температуры был разработан специальный прецизионный термометр ТМЦП-1, обладающий следующими техническими характеристиками:

- диапазон измерения температуры 5–50°C,
- разрешение при измерении температуры 0,01°C,
- электрическая точность при измерении температуры  $\pm 0,01^\circ\text{C}$ ,
- частота обновления данных о температуре 15 Гц,
- интерфейс связи с компьютером и питания – гальванически развязанный USB 2.0,
- гальваническая развязка 4 кВ переменного напряжения,
- графическое отображение температуры на дисплее в цифровой форме и в виде шкалы,
- габаритные размеры 95x150x28 мм, масса не более 500 г.

К термометру подсоединялся специальный датчик фирмы EXACON D-F1345, который предназначен для измерения температуры во внутренней среде организма в диапазоне



Рис.1 Комбинированный ректальный электрод

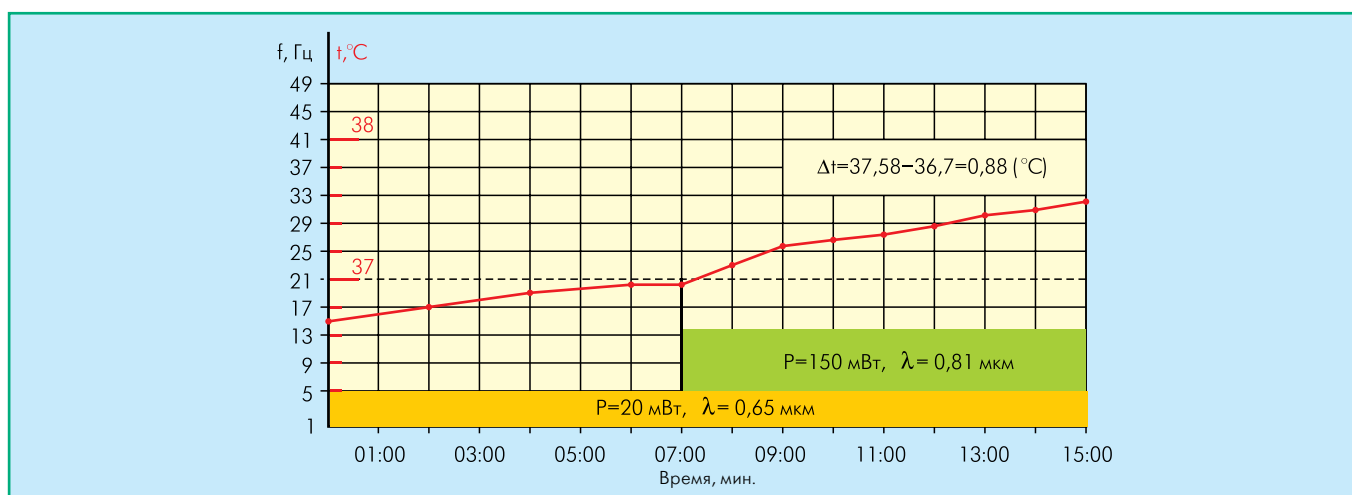


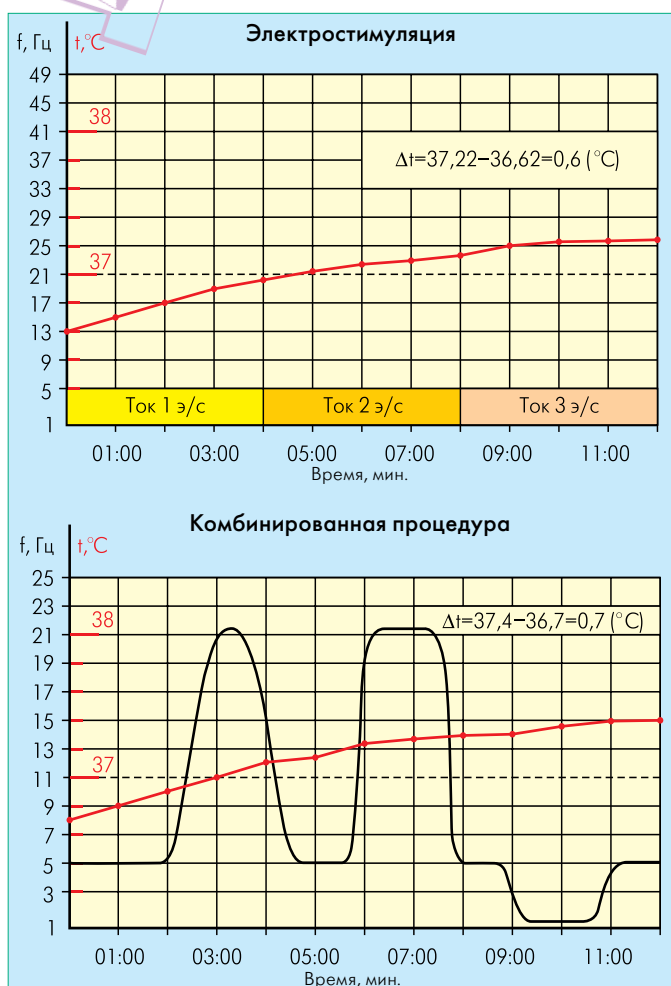
Рис. 2 Динамика температуры во время применения лазеров.

25–50°C с погрешностью  $\pm 0,1^\circ \text{C}$ . Характеристики измерений, проводимых датчиком, соответствуют стандарту EN12470-4 и гармонизированному с ним российскому стандарту [3]. Этот датчик представляет собой катетер, имеющий диаметр активной части 1 мм и длину 450 мм, диаметр головки с термистором 1,3 мм, а суммарная длина датчика, включая подводящий кабель и разъём, составляет 1,5 м. Датчик можно стерилизовать с помощью всех обычно используемых больничных дезинфицирующих средств, например этанола, изопропила или соединений хлорита. Так как в качестве чувствительного элемента в датчике используется термистор, который имеет нелинейную зависимость сопротивления от температуры, то заказчику вместе с датчиком поставляют калибровочную кривую. Эта кривая подходит для калибровки любых типов температурных датчиков фирмы EXACON, так как в них используются термисторы одного класса. Нелинейная калибровочная кривая записана в память термометра, который автоматически пересчитывает измеренное сопротивление термистора в температуру и отображает её на экране дисплея. Датчик вводился в область воздействия с противоположной стороны от оптического излучателя. Также датчик не имеет электрического контакта с пациентом в соответствии с EN60601-1, поэтому он применялся и при электростимуляции.

Перед проведением исследований проводят ряд предварительных лечебных манипуляций, когда электрод и температурный датчик ректально вводят пациенту. Перед началом процедуры ожидают стабилизации температуры. Такая необходимость вызвана самим фактом увеличения температуры на 0,2–0,4°C при ректальном введении прибора и применения стимулирующих лазей. Далее проводили процедуру только с использованием лазеров. От начала и по 7-ю минуту – непрерывным излучением с  $\lambda=0,65 \text{ мкм}$ , а затем с 8-й по 15-ю минуту добавляли непрерывное инфракрасное излучение  $\lambda=0,81 \text{ мкм}$ . В момент добавления ИК-излучателя

временная зависимость температурного отклика организма (рис.2) изменилась.

Далее процедуру повторили, но использовали только электростимуляцию на фиксированной частоте 5 Гц. Хотя амплитуда импульсов электростимуляции каждые 4 минуты возрастала от минимальной (порог осознанности) до максимальной (предболевого порога). После этого, комбинируя оба метода,



**Рис. 4** Динамика роста температуры во времени.

провели электролазерную процедуру. В процесс электростимуляции была заложена функция изменения частоты, графически изображенная черным цветом на рис.4, ток электростимуляции устанавливали по ощущениям пациента. Излучение лазеров модулировалось прямоугольными импульсами синхронно с частотой стимуляторов, обеспечивая поддержание средней мощности на уровне 50%. По окончании каждой процедуры (прекращения физиотерапевтических воздействий) в течение 2–3 мин мы наблюдали снижение температуры в исследуемой области на 0,2–0,4°C. Температура органа в области локального воздействия снижалась до величины, соответствующей началу процедуры, за более длительный интервал времени.

Проведенные исследования и анализ их результатов позволили утверждать, что термометрия органов таза является объективным методом оценки влияния электролазерного воздействия на пациента при проведении физиотерапии. Температуру надо использовать в качестве параметра биологической обратной связи между терапевтическим воздействием и ответом на него организма. Развитие исследований по изучению поведения температурного отклика позволит оптимизировать такие параметры физиотерапевтических процедур, как частота и сила тока электростимуляции, мощ-

ность и время воздействия лазерного излучения. Разработанный специализированный термометр за счёт высокого разрешения по температуре и в соединении с малоинерционным и малогабаритным датчиком позволяет выделить в явном виде температурную зависимость между физиотерапевтическим воздействием и откликом на него организма. Исследования открывают путь к разработкам качественно новых физиотерапевтических устройств [4] для урологических процедур, которые увеличат их эффективность, снизят нагрузку на пациента и врача, а также уменьшат суммарную стоимость процедуры.

*Авторы выражают благодарность за помощь в планировании и организации эксперимента А.И. Ларюшину, А.П. Кузьмичу.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Буйлин В.А., Ларюшин А.И., Никитина М.В. Светолазерная терапия /Под редакцией проф. Брехова Е.И. – М.-Тверь: Изд-во «Триада», 2004.
2. Ларюшин А.И., Мишанин Е.А, Кузьмич А.П. и др. – Труды НПК «Электростимуляция-2002». – М.: ВНИИ-ИМП-Вита РАМН, 2002.
3. ГОСТ Р 50267.0.3-99, Изделия медицинские электрические.
4. ГОСТ 15.013-94 Система разработки и постановки продукции на производство. Медицинские изделия.

## ИТ В МЕДИЦИНЕ, БИОЛОГИИ И ГЕОЭКОЛОГИИ

Вот уже в 17-й раз встретились ученые на базе Кубанского государственного технологического университета. Международная конференция «Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии и геоэкологии» собрала около 100 докладов. Теперь, когда тематика конференции расширилась, она привлекла внимание новых специалистов. Доклады выступлений публикуются в Вестниках СПбО АИН, ряде отечественных журналов, журнале Optical Memory & Neural Networks (Information Optics), в трудах Международного общества по оптической технике. Информационная поддержка конференции осуществляется журналом «Фотоника» и электронным журналом «Лазерное приборостроение» ([www.shemanin.ru](http://www.shemanin.ru)).

Следующая встреча состоится в сентябре 2010 г. Подробности на сайте [www.abrauconf.novtelecom.net](http://www.abrauconf.novtelecom.net). С предложениями и за справками обращаться к проф. В.Е.Привалову в Санкт-Петербургский государственный политехнический университет (195251 С-Петербург, СПбГПУ, РФФ), [vaevpriv@yandex.ru](mailto:vaevpriv@yandex.ru) и к проф. В.Г.Шеманину в Новороссийский политехнический институт (353900 Новороссийск, НПИ Карла Маркса 20), [vshemanin@nbkstu.org.ru](mailto:vshemanin@nbkstu.org.ru), тел. (8617) 613291.

*Председатель Оргкомитета В.Е.Привалов*



## КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ВОЛОКОННОЙ ОПТИКЕ

8 – 9 октября 2009 года в г. Перми состоялась Всероссийская конференция по волоконной оптике (ВКВО'09). Организованная Научным центром волоконной оптики РАН (НЦВО РАН) и Пермской научно-производственной приборостроительной компанией (ПНППК), ВКВО'09 стала крупным научно-техническим мероприятием, стимулирующим развитие волоконной оптики и смежных дисциплин в России. Информационно-техническую поддержку конференции оказали такие известные международные профессиональные объединения, как Американское оптическое общество (Optical Society of America, OSA) и Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE). Председатель конференции – академик Евгений Михайлович Дианов, директор НЦВО РАН; председатель оргкомитета – Алексей Гурьевич Андреев, генеральный директор ПНППК.

На конференции обсуждены последние фундаментальные и прикладные достижения в области волоконных световодов, волоконно-оптических кабелей, волоконно-оптических линий связи, компонентов и устройств волоконной оптики, волоконных лазеров и усилителей, волоконно-оптических датчиков и систем измерения физических величин; актуальные вопросы современной волоконной оптики и смежных областей. Открыл

конференцию академик РАН Е. Дианов докладом «Волоконная оптика – 40 лет спустя». В нем он подвел некоторые итоги развития волоконной оптики и выделил ближайшие перспективы развития этого очень важного технического направления. Оргкомитет пригласил 15 ученых выступить с пленарными докладами. Секционные выступления (43 доклада) дополнила обширная стендовая сессия (60 докладов).

Конференция привлекает российских специалистов возможностью обменяться результатами работ с коллегами, повысить квалификацию и главное – установить новые связи друг с другом. Подводя итоги работы конференции, Е.Дианов отметил, что национальная конференция по волоконной оптике – важнейшее условие роста отечественной отрасли. Он также выразил надежду на регулярный характер проведения конференции в будущем. Однако несмотря на заметные достижения в исследованиях, наблюдается катастрофическое отставание от ведущих мировых держав в области внедрения волоконной оптики. Поэтому оргкомитету конференции поручили обратиться к руководству Российской Федерации с заявлением о необходимости государственной поддержки развития волоконной оптики и волоконно-оптических линий связи в России.

*С. Семенов, д.ф.-м.н., зав. лабораторией (НЦВО)*