УДК 535.371

Ляшенко Л.С.[1], Самцов М.П.[1], Воропай Е.С.[1], Гайфуллина В.Р.[2], Бобкова М.В.[1]

ЛАЗЕРНО-ВОЗБУЖДАЕМАЯ ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ ДИАГНОСТИКА КАРИОЗНЫХ ПОРАЖЕНИЙ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ

[1]Белорусский государственный университет. [2]Белорусский государственный медицинский университет. Минск, Республика Беларусь. map.bmv@mail.ru

Приведены результаты исследований лазерно-возбуждаемой флуоресценции твердых тканей зубов *in vitro* при использовании для возбуждения излучения лазерных источников с длиной волны 514,5 нм и 684 нм. Показано, что применение спектрометрического комплекса с инфракрасным источником излучения позволяет обнаруживать участки кариозных поражений по изменению интенсивности свечения здоровых и кариозных областей зуба, а также проводить разграничение тяжести кариозного процесса.

Исследования внутренней структуры различных объектов неразрушающими методами имеют важное значение для биомедицины и современных высоких технологий. В настоящее время в большинстве стран мира наблюдается интенсивное внедрение лазерного излучения в биологических исследованиях и в практической медицине. В стоматологии, несмотря на появление новых методов диагностики, вопрос обнаружения кариеса на ранних стадиях его развития по-прежнему остается актуальным. При разработке методов и оборудования для оптической диагностики кариозных заболеваний следует учитывать два важных требования. Во-первых, измерения, обработку и анализ результатов необходимо проводить в режиме реального времени. Во-вторых, диагностика должна быть неинвазивной - не только не повреждать исследуемый орган, но и не изменять его свойства. Кроме того, предлагаемые методы не должны были влиять на продолжительность стандартных клинических исследований [1]. Наряду со многими известными визуальными и инструментальными методами определения кариеса большие возможности связывают с методом лазерно-возбуждаемой флуоресценции. Данный метод относится к неинвазивным и основан на различиях интенсивностей возбуждаемой лазерным излучением флуоресценции здоровой и пораженной кариозным процессом твердых тканей зуба. В настоящий момент в Республике Беларусь сертифицирован лишь один аппарат, работающий по данной технологии «Vista Proof» Германия, однако высокая стоимость оборудования затрудняет его повсеместное использование в клиниках. В связи с этим представляются актуальными исследования, направленные на разработку конкурентоспособного отечественного аппарата, анализирующего флуоресценцию патологически измененных твердых тканей зуба.

В работе в качестве объекта исследований использовались экстрагированные зубы, содержащие как здоровую эмаль белого цвета, так и видимые кариозные пятна коричневого цвета точечных размеров. Зубы предварительно очищались от зубных отложений, что позволило избежать ложных результатов, связанных с собственной флуоресценцией зубного налета. Возбуждение флуоресценции производилось лазерными источниками излучения. Измерения спектров флуоресценции и анализ их формы выполнялись на стационарном спектрометре Ramalog, ряд измерений был выполнен с использованием разработанного компактного спектрометрического комплекса [2].

В спектрометре Ramalog возбуждение флуоресценции осуществлялось излучением аргонового лазера с длиной волны 514,5 нм и мощностью на выходе до 350 мВт. Выходной пучок фокусировался в узкое пятно до 10 микрон, что позволило селективно пространственно возбудить необходимую область исследуемого зуба. Полученные спектры для здоровой поверхности и пораженной кариесом, визуально наиболее темной области, представляют собой достаточно широкие полосы с выраженными максимумами и различающимися по длине волны. Для интактной ткани максимум спектра флуоресценции расположен на 568 нм (кри-

вая 1 на рис. 1), полуширина полосы составляет 122 нм. Пораженная кариесом область имеет максимум спектра на длине волны 655 нм, а полуширина составляет 192 нм (кривая 2 рис.1). При этом наблюдается различие в относительных интенсивностях флуоресценции изучаемых поверхностей. При сканировании по пораженной кариесом поверхности зуба спектры флуоресценции для разных точек отличаются по форме и положению максимума. Для более сильно поврежденных тканей, что проявляется в более темном окрасе поверхности, вклад коротковолновой полосы в суммарный спектр уменьшается. В спектре неглубокого кариеса светло коричневого цвета проявляется полоса испускания и здоровой ткани (рис.2, кривая 2). Это может означать, что мощное излучение узконаправленного луча аргонового лазера проникает сквозь слой кариеса, возбуждая флуоресценцию с более глубоко расположенных тканей зуба.

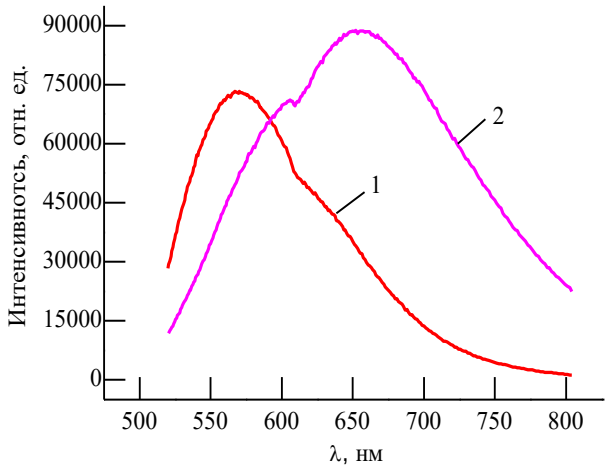

Рисунок 1 – Спектры флуоресценции, полученные при возбуждении светом длиной волны 514 нм, здоровой поверхности (1), пораженной кариесом области (2).

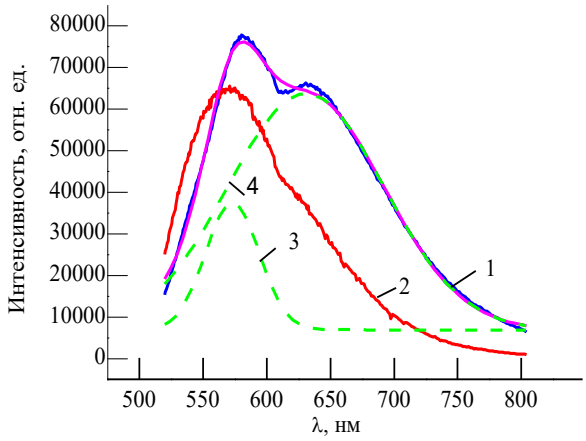

Рисунок 2 – Спектры флуоресценции, полученные при возбуждении светом длиной волны 514 нм, визуально здоровой поверхности (2), пораженной области (1) и полученные после обработки данных (3,4).

Полученные спектры анализировались с помощью гауссовых кривых. Проведено разложение полосы 1 на рис. 2 на две кривые Гаусса, что позволило выявить области спектра для здоровой и пораженной кариесом ткани. В полученных после обработки спектрах максимумы соответствуют положению максимумам в спектре флуоресценции ткани в норме (рис.2 кривая 3) и кариозной области (рис.2 кривая 4), соответственно.

С точки зрения оптики, биологическая ткань представляет собой неоднородно рассеивающую среду, плохо пропускающую свет. Экспериментальными исследованиями установлено, что глубина проникновения лазерного излучения в биообъект, включая образцы эмали человека, зависит от длины электромагнитной волны, а максимум пропускания биотканей приходится на область терапевтического окна в спектральном диапазоне 650-1000 нм [3]. Соответственно, инфракрасное излучение будет меньше поглощаться и рассеиваться эмалью и тканями десен, что позволит свечению глубже проникнуть в ткани и возбудить флуоресценцию со скрытых от глаз областей зуба.

Для исследования относительной интенсивности сигнала свечения и анализа формы спектров флуоресценции твердых тканей зуба использовался разработанный спектрометрический комплекс, в котором источником излучения выступает полупроводниковый лазер с длиной волны возбуждения 684 нм и мощностью на выходе 10мВт. Для уменьшения уровня рассеянного света в приборе использовался светофильтр, пропускающий излучение с длинами волн более 720 нм. Подвод возбуждающего излучения к испытуемой поверхности и сбор света флуоресценции в спектрометре осуществлялся с помощью световода. Полученные данным спектрометром спектры представлены на рисунке 3. При таком возбуждении и использовании отрезающего фильтра происходит регистрация только длинноволновых участков спектров флуоресценции исследуемых областей зуба, из-за чего

зарегистрированные спектры представляют собой широкую полосу с четко выраженным пиком вблизи 755 нм, а форма и положение максимумов остаются одинаковыми для здоровых и кариесогенных областей. Однако нормальные и патологические ткани имеют существенное различие по регистрируемой интенсивности свечения флуоресценции. Здоровая поверхноть зуба обладает наименьшей интенсивностью. Сигнал свечение увеличивается с увеличением степени поражения ткани кариозным процессом. Анализ изменения интенсивности флуоресценции позволяет определить границы локализации патологической области.

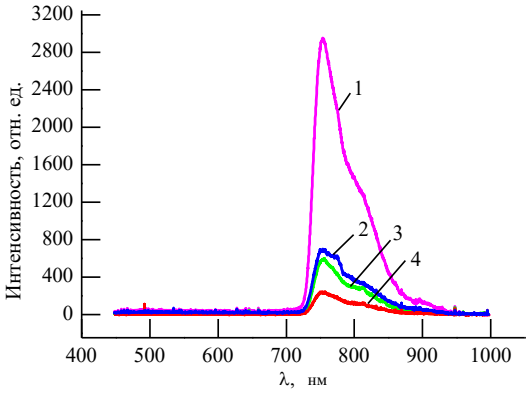

Рисунок 3 – Спектры флуоресценции, полученные при возбуждении светом длиной волны 684 нм, пораженной поверхности (1), пломбы (2), на границе пораженной области (3) и от здоровой ткани (4).

Таким образом, представленные данные свидетельствуют об эффективности использования для диагностики кариеса зубов метода лазерно-возбуждаемой флуоресценции, который позволяет осуществить оптическое «зондирование» поверхности зуба. Показано, что спектрометрический комплекс, в котором в качестве источника излучения используется полупроводниковый лазер, генерирующий инфракрасное излучение, позволяет эффективно выявлять участки более глубоких поражений твердых тканей зуба на анализе различий в уровнях интенсивности свечения интактных и кариозных областей зубной поверхности. Преимущества применения данного комплекса заключаются в простоте использования, высокой чувствительности и хорошей воспроизводимости результатов, что позволяет быстро и безболезненно определять наличие кариозного процесса на начальных стадиях.

Список литературы

1. В. И. Конов, В. В. Осико, И. А. Щербаков Фундаментальные достижения оптики и лазерной физики для медицины // Вестник российской академии наук, 2004, том 74, № 2, – С. 99-124.
2. Самцов, М.П. Лазерный спектрометрический комплекс для флуоресцентной диагностики области локализации опухолей / М.П. Самцов, А.Е. Радько, К.Н. Каплевский, К.А. Шевченко // Квантовая электроника: материалы V Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 22-25 ноября 2004 г.). Мн.: БГУ, 2004. – 179 с.
3. Buchalla W. Comparative fluorescence spectroscopy shows differences in noncavitated enamel lesions / W. Buchalla // Caries Research. № 39. 2005. – P. 150-156.