

УДК 535.371

ФЛУОРЕСЦЕНТНАЯ ДИАГНОСТИКА КАРИЕСА ЗУБОВ

Л.С. ЛЯШЕНКО¹, М.П. САМЦОВ², Е.С. ВОРОПАЙ¹, А.В. БУТВИЛОВСКИЙ³,
В.Р. ГАЙФУЛЛИНА³, М.В. БОБКОВА¹

¹Белорусский государственный университет, Республика Беларусь

²НИИПФП им. А.Н. Севченко БГУ, Республика Беларусь

³Белорусский государственный медицинский университет, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 30 октября 2017

Аннотация. Приведены результаты исследований лазерно-возбуждаемой флуоресценции тканей зубов в норме и пораженных кариесом. Показано, что при использовании для возбуждения флуоресценции разработанного спектрометрического комплекса с возбуждением полупроводниковым лазерным источником с длиной волны 684 нм возможно детектирование глубоко расположенного кариеса.

Ключевые слова: зубная эмаль, кариес, лазерно-возбуждаемая флуоресценция.

Abstract. The results obtained in studies of laser-induced fluorescence of the normal and caries-affected dental tissues are presented. The possibility of detection of considerable depth caries with use of the specially designed spectrometric system with excitation by a semiconductor laser source with a wavelength of 684 nm for fluorescence is shown.

Keywords: dental enamel, caries, laser-excited fluorescence.

Doklady BGUIR. 2017, Vol. 109, No. 7, pp. 78-82

Fluorescence diagnostics of dental caries

**L.S. Lyashenko, M.P. Samtsov, E.S. Voropay, A.V. Butvilovski,
V.R. Gaifullina, M.V. Bobkova**

Введение

Кариес относится к одному из наиболее распространенных заболеваний зубной ткани. Применяемые методы лечения постоянно совершенствуются, разрабатываются новые технологии. Однако успех лечения данного заболевания, как и многих других, определяющим образом зависит от его обнаружения на самой ранней стадии развития, что связано с используемыми методами диагностики. Наряду с многими традиционными методами большие возможности связывают с методом лазерно-возбуждаемой флуоресценции. Этот метод является одним из неинвазивных способов идентификации патологических изменений биотканей. Метод флуоресцентной диагностики начальных кариозных поражений основан на анализе различий в спектрах флуоресценции интактных и пораженных кариозным процессом твердых тканей зуба, а также в изменении интенсивности флуоресценции по мере прогрессирования кариозного процесса.

К настоящему времени проведено большое количество исследований для изучения различий в спектрах флуоресценции здоровых твердых тканей зуба и пораженных кариесом [1–4]. В работах [3, 4] установлено, что более интенсивная флуоресценция необратимых кариозных поражений обусловлена наличием в них повышенной концентрации

производных порфирина как продуктов жизнедеятельности кариесогенной микрофлоры. На их присутствие указывает максимум в спектре поглощения (около 400 нм), что может представлять собой полосу Sore, типичную для соединений порфиринового ряда. Несмотря на обилие накопленных данных относящихся к изучению спектрально-люминесцентных свойств тканей, пораженных кариесом, остаются нерешенными проблемы в понимании механизмов флуоресценции твердых тканей зуба как интактных, так и патологических, а также оптимальные методики и аппаратура для диагностики посредством данной методики.

Объекты и методика эксперимента

В качестве объектов исследований выступали удаленные по медицинским показаниям зубы, содержащие здоровую эмаль и видимые кариозные пятна коричневого цвета. Исследуемые зубы предварительно очищались от зубных отложений, что позволило избежать ложных результатов, связанных с собственной флуоресценцией зубного камня. Измерения проводились в темноте в отсутствие источников рассеянного света при комнатной температуре.

Для определения относительной интенсивности сигнала свечения и анализа формы спектров флуоресценции использовался разработанный спектрометрический комплекс [5]. Возбуждение спектров флуоресценции осуществлялось полупроводниковым лазером с длиной волны излучения 684 нм и мощностью на выходе 10мВт. Для уменьшения уровня рассеянного света в приборе использовался светофильтр, полоса пропускания которого начинается с 720 нм. Подвод возбуждающего излучения к испытуемой поверхности и сбор света флуоресценции в спектрометре осуществлялся с помощью световода. Наконечник световода защищен слоем пленки ПВХ для предотвращения перекрестного загрязнения. Измерения проводились как в визуально пораженных областях структуры зуба, так и в здоровых. Полученные спектры флуоресценции обрабатывались с использованием программного обеспечения с электронными таблицами (Origin 7.0, OriginLab, США). Наряду с указанным комплексом проведены аналогичные измерения с использованием стационарного аргонового лазера, генерирующего излучение с длиной волны 514 нм, мощность на выходе которого достигает до 350мВт. Излучение аргонового лазера фокусировалось в узкое пятно до 10 микрон, что позволило селективно пространственно возбудить здоровую или пораженную ткань исследуемого зуба. Регистрация флуоресценции проводилась под углом 180 град (геометрия обратного рассеяния). Анализ полученных спектров проводился с использованием гауссовых спектральных функций, что позволило повысить чувствительность дифференциации между различными стадиями кариеса.

Результаты и их обсуждение

Известно, что пропускание света биотканью, включая образцы эмали человека, зависит от длины волны, а максимум пропускания приходится на область терапевтического окна [6, 7]. Соответственно, наиболее подходящим для изучения лазерно-возбуждаемой флуоресценции при диагностике кариеса является использование источников излучения, генерирующих свет в «красной» области видимого спектра. Инфракрасное излучение меньше поглощается и рассеивается эмалью, что позволяет ему глубже проникнуть в ткани зуба.

На рис. 1 представлены спектры флуоресценции различных областей зуба при возбуждении светом длиной волны 684 нм. Интенсивность флуоресценции приведена в условных единицах. Регистрируемые максимумы спектров флуоресценции твердых тканей здоровых и пораженных кариозным процессом расположены на 755 нм. Понятно, что при таком возбуждении и использовании отрезающего фильтра регистрируются лишь длинноволновые участки спектров флуоресценции. Наименьшей интенсивностью флуоресценции обладает интактная поверхность зубов. Интенсивность флуоресценции увеличивается с увеличением степени кариозной деминерализации. Анализ интенсивности флуоресценции позволяет определить границы патологического процесса.

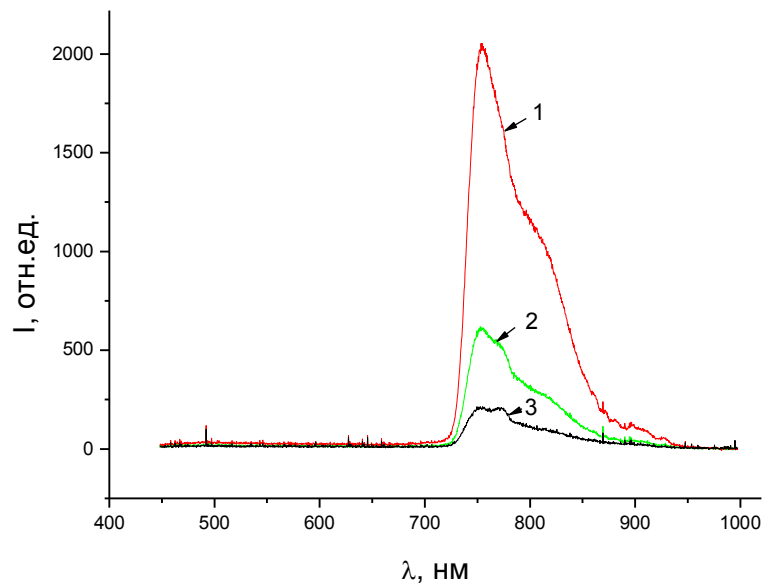


Рис. 1. Спектры флуоресценции, зарегистрированные при возбуждении светом длиной волны 684 нм, пораженной поверхности (1), на границе пораженной области (2) и от интактной поверхности (3)

Для более детального определения спектрально-люминесцентных характеристик различных поверхностей зуба проведены исследования флуоресценции при использовании для возбуждения аргонового лазера с длиной волны 514 нм. В полученных спектрах максимум спектра флуоресценции здоровых тканей расположен на 568 нм, а максимум флуоресценции пораженной области находится на длине волны 655 нм (рис. 2). При этом наблюдается различие в интенсивностях флуоресценции изучаемых поверхностей. В спектрах флуоресценции неглубокого кариеса наблюдается дополнительный коротковолновый максимум (рис. 3). Использование для обработки полученных результатов гауссовых спектральных функций позволило установить, что наблюдаемый спектр флуоресценции является составным от двух областей: интактной и пораженной кариозом. Максимумы полученных после преобразования спектров соответствуют максимумам флуоресценции здоровой и кариозной ткани. Следовательно, узконаправленный луч аргонового лазера при довольно большой мощности излучения возбуждает флуоресценцию не только с внешней поверхности зуба, но и из глубины, затрагивая внутренние ткани.

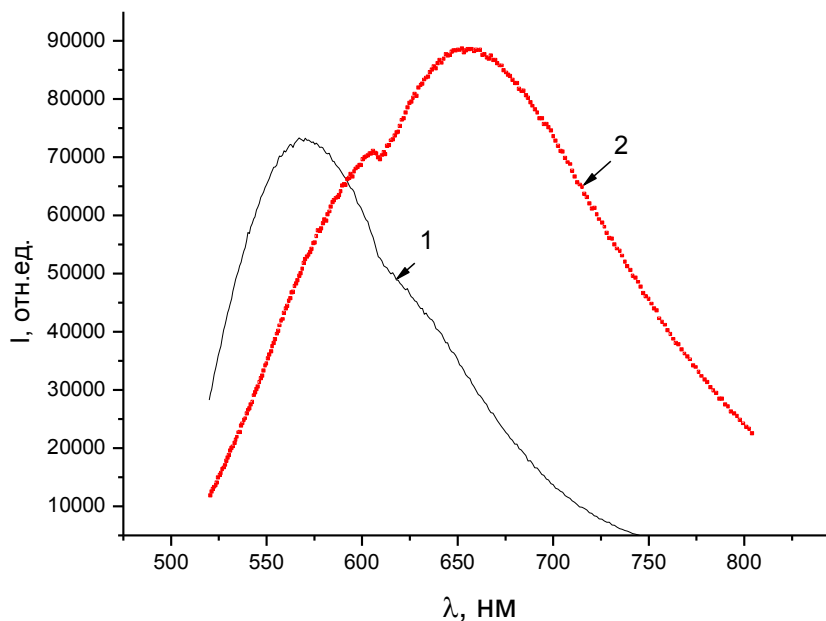


Рис. 2. Спектры флуоресценции, зарегистрированные при возбуждении светом длиной волны 514 нм, интактной поверхности (1) и пораженной области (2)

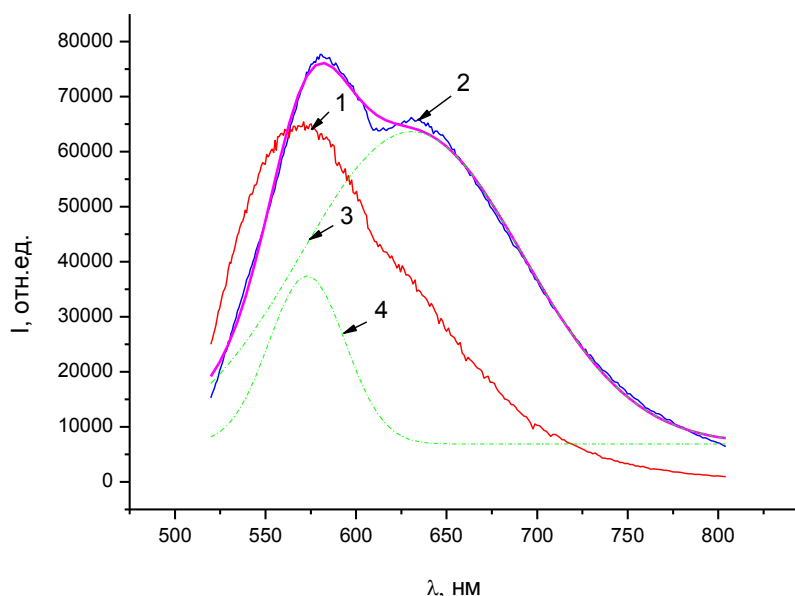


Рис. 3 Спектры флуоресценции, зарегистрированные при возбуждении светом длиной волны 514 нм, интактной поверхности (1), пораженной области (2) и полученные после обработки результатов (3, 4)

Заключение

Установлено, что определение ранних кариозных изменений с помощью индуцированной лазерным лучом флуоресценции достаточно эффективно достигается при возбуждении излучения данными лазерными источниками. В свою очередь, при использовании для возбуждения длины волны 684 нм становится возможным обнаружение «скрытого» кариеса, так как это излучение находится в области прозрачности тканей зуба, что позволяет зарегистрировать сигнал флуоресценции от более глубокого поражения. Следовательно, использование компактного портативного спектрометрического комплекса позволяет эффективно выявлять патологии твердых тканей зубов на основе анализа различий в уровнях интенсивности свечения интактных и кариозных областей зубной поверхности.

Список литературы

1. Ekstrand K., Qvist V., Thylstrup A. Light microscope study of the effect of probing in occlusal surfaces // *Caries Res.* 1987. Vol. 21. P. 368–374.
2. Hibst R., Paulus R., Lussi A. Detection of occlusal caries by laser fluorescence: Basic and clinical investigations // *Med. Laser Appl.* 2001. Vol. 16. P. 205–213.
3. Sailer R., Paulus R., Hibst R. Analysis of carious lesions and subgingival calculi by fluorescence spectroscopy // *Caries Research.* 2001. № 35. P. 267.
4. Buchalla W. Comparative fluorescence spectroscopy shows differences in noncavitated enamel lesions // *Caries Research.* 2005. № 39. P. 150–156.
5. Лазерный спектрометрический комплекс для флуоресцентной диагностики области локализации опухолей / М.П. Самцов [и др.] // *Квантовая электроника: матер. V Междунар. науч.-техн. конф. Минск, 22–25 ноября 2004 г.* С. 179.
6. Dougherty T.J. Photodynamic therapy // *Photochem. Photobiol.* 1993. Vol. 58, № 6. P. 895–900.
7. Translucency of human dental enamel / R.H.W. Brodbelt [et al.] // *J. Dent. Res.* 1981. Vol. 60, № 10. P. 1749–1753.

References

1. Ekstrand K., Qvist V., Thylstrup A. Light microscope study of the effect of probing in occlusal surfaces // *Caries Res.* 1987. Vol. 21. P. 368–374.
2. Hibst R., Paulus R., Lussi A. Detection of occlusal caries by laser fluorescence: Basic and clinical investigations // *Med. Laser Appl.* 2001. Vol. 16. P. 205–213.

3. Sailer R., Paulus R., Hibst R. Analysis of carious lesions and subgingival calculi by fluorescence spectroscopy // *Caries Research*. 2001. № 35. P. 267.
4. Buchalla W. Comparative fluorescence spectroscopy shows differences in noncavitated enamel lesions // *Caries Research*. 2005. № 39. P. 150–156.
5. Lazernyj spektrometričeskij kompleks dlja fluorescentnoj diagnostiki oblasti lokalizacii opuholej / M.P. Samcov [i dr.] // *Kvantovaja jelektronika: mater. V Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. Minsk, 22–25 nojabrja 2004 g.* S. 179. (in Russ.)
6. Dougherty T.J. Photodynamic therapy // *Photochem. Photobiol.* 1993. Vol. 58, № 6. P. 895–900.
7. Translucency of human dental enamel / R.H.W. Brodbelt [et al.] // *J. Dent. Res.* 1981. Vol. 60, № 10. P. 1749–1753.

Сведения об авторах

Ляшенко Л.С., к.ф.-м.н., доцент кафедры лазерной физики и спектроскопии Белорусского государственного университета.

Самцов М.П., д.ф.-м.н., доцент, заведующий лабораторией спектроскопии НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ.

Воропай Е.С., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой лазерной физики и спектроскопии Белорусского государственного университета.

Бутвиловский А.В., к.м.н., доцент 2-й кафедры терапевтической стоматологии Белорусского государственного медицинского университета.

Гайфуллина В.Р., ассистент 2-й кафедры терапевтической стоматологии Белорусского государственного медицинского университета.

Бобкова М.В., студентка 5 курса физического факультета Белорусского государственного университета.

Адрес для корреспонденции

220030, Республика Беларусь,
г. Минск, пр. Независимости, д. 4,
Белорусский государственный университет
тел. +375-17-209-62-80;
e-mail: lyashenko@bsu.by
Ляшенко Людмила Сергеевна

Information about the authors

Lyashenko L.S., PhD, associate professor of the department of laser physics and spectroscopy Belarusian state university.

Samtsov M.P., D. Sci, associate professor, head of the spectroscopy laboratory of Institute for applied physical problems named after A.N. Sevchenko of BSU.

Voropay E.S., D. Sci, professor, head of the laser physics and spectroscopy department of Belarusian state university.

Butvilovsky A.V., PhD, associate professor of the 2nd Department of therapeutic dentistry of Belarusian state medical university.

Haifulina V.R., assistant of the 2nd department of therapeutic dentistry of Belarusian state medical university

Bobkova M.V., 5th year student of the physics faculty of Belarusian state university.

Address for correspondence

220030, Republic of Belarus, Minsk,
Nezavisimosti ave., 4,
Belarusian state university
tel. +375-17-209-62-80;
e-mail: lyashenko@bsu.by
Lyashenko Liudmila Sergeevna