

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА СПЕКТРОСКОПИИ ОТРАЖЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ПОДЛИННОСТИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ РЕСТАВРАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д. А. КУЗЬМИНА¹, Е. Е. МАЙОРОВ^{2,3}, Л. И. ШАЛАМАЙ⁴,
Е. Ю. МЕНДОСА⁵, Н. С. НАРУШАК⁴

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург, Россия

² Университет при Межпарламентской ассамблее ЕвразЭС,
194044, Санкт-Петербург, Россия

³ Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики,
190103, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: majorov_ee@mail.ru

⁴ Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова,
197022, Санкт-Петербург, Россия

⁵ Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова,
127473, Москва, Россия

Показана актуальность метода спектроскопии отражения для исследования современных стоматологических реставрационных материалов. Представлен автоматизированный спектральный прибор „Флюорат-02-панорама“ с разработанной оптической приставкой для измерения спектров отражения исследуемых образцов. Получены спектральные зависимости коэффициента отражения композитных материалов „Estelite Asteria“ эмалевого оттенка и оттенка Body, при этом измерены спектры отражения для образцов как подлинного, так и поддельного материала. Показано, что при использовании поддельного материала происходит деформация спектральных кривых отражения, максимальные значения коэффициента отражения смещаются в длинноволновую область спектра, а также наблюдается существенное снижение значения коэффициента отражения в диапазоне длин волн 380...780 нм.

Ключевые слова: спектроскопия отражения, коэффициент отражения, терапевтическая стоматология, композитный материал, неорганический наполнитель

Введение. В настоящее время в медицинскую практику активно внедряются новейшие физико-химические методы анализа, в первую очередь — спектральные [1—3]. Однако спектральные методы анализа в медицине реализованы далеко не в полной мере, что объясняется постоянным развитием аппаратной базы методов, с одной стороны, и сложными по составу и свойствам биологическими жидкостями и тканями, с другой.

В частности, методы спектроскопии отражения — это современные неразрушающие методы исследования свойств поверхности твердых веществ и жидких систем разной природы. В основе методов лежат процессы, происходящие при взаимодействии двух форм материи — вещества и поля излучения в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях спектра [4—7]. Это взаимодействие приводит к различным энергетическим переходам, которые регистрируются экспериментально в виде поглощенного, отраженного, рассеянного и люминесцентного электромагнитного излучения.

Возрастающий в терапевтической стоматологии интерес к разработкам инновационных методов лечения и профилактики различных заболеваний полости рта обусловлен появлением многочисленных электронных приборов, позволяющих проводить качественное и количественное исследование биологических жидкостей и тканей на уровне нанотехнологий.

Особое внимание в современной стоматологии уделяется эстетической реставрации с применением перспективных оптических методов для исследования зубной эмали, дентина, а также новейших композитных материалов. В этой связи одной из наиболее важных проблем в терапевтической стоматологии является подлинность современных стоматологических реставрационных материалов для обеспечения высокого уровня реставрации.

При проведении стоматологических реставрационных работ композитные материалы могут быть смешаны врачом, что может привести к отрицательному эстетическому эффекту. Кроме того, на рынке стоматологических материалов регулярно появляются поддельные композиты, которые необходимо выявлять и утилизировать. Подлинный стоматологический материал может существенно отличаться по оптическим свойствам от поддельного образца. Особенно это может проявляться при различном освещении (утром, днем или вечером). Поэтому представляется актуальной разработка экспериментальной методики распознавания подлинности стоматологических реставрационных материалов с использованием спектроскопии отражения.

Спектроанализатор. С использованием методов спектроскопии отражения, рассматриваемых в настоящей статье, измерялась интенсивность света, дискретно (избирательно) отраженного от поверхности вещества в соответствующем диапазоне длин волн [8—12].

Измерение спектров отражения исследуемых синтетических пломбирочных материалов проводились на автоматизированном спектральном приборе „Флюорат-02-панорама“ (выпускается ООО „Люмэкс“, Санкт-Петербург), в комплект которого входила разработанная оптическая приставка для анализа спектров отражения [13 — 17]. Внешний вид спектроанализатора и приставки представлен на рис. 1, а, б соответственно.

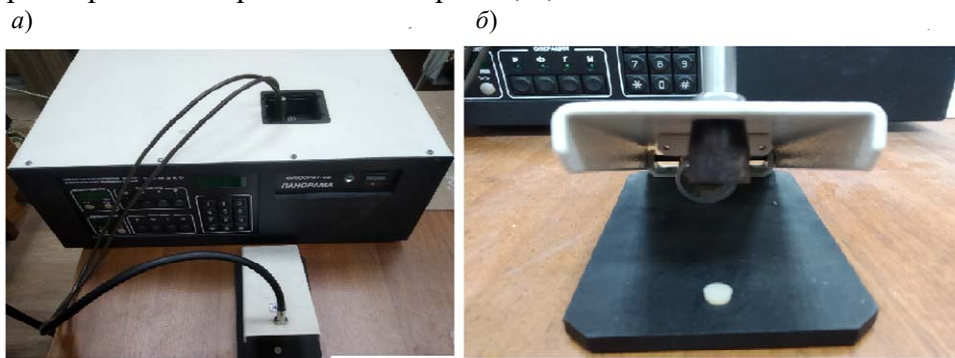


Рис. 1

Оптико-электронная схема прибора содержит приемник и источник излучения, электронный измерительный блок, источник питания (фотоэлектронный умножитель), систему сканирования монохроматоров, пульт контроля с цифровым индикатором. Источником света служит ксеноновая лампа с короткими импульсами 1 мкс, спектр испускания 190...2500 нм при частоте 25 Гц. Лампа работает под высоким давлением. Также предусмотрена защита от внешних загрязнителей. Регистрация светового сигнала после прохождения монохроматора осуществлялась с помощью фотоумножителя (диапазон 380...800 нм). Данные о спектрах отражения исследуемых образцов снимались с передней грани. Угол между плоскостью передней грани и осью регистрации составлял 45°.

Для сравнения интенсивности составляющих спектра отражения различных образцов требовалась их жесткая фиксация при идентичных условиях регистрации. Погрешность при измерениях спектров исследуемых объектов не превышала 3 %.

Исследуемые объекты. Регистрация спектральных характеристик отражения осуществлялась для 10 образцов каждого из 12 стоматологических реставрационных материалов („Estelite Asteria NE“, „Estelite Asteria OcE“, „Estelite Asteria TE“, „Estelite Asteria WE“, „Estelite Asteria YE“, „Estelite Asteria A1B“, „Estelite Asteria A2B“, „Estelite Asteria A3B“, „Estelite Asteria A3,5B“, „Estelite Asteria A4B“, „Estelite Asteria B3B“, „Estelite Asteria BL“). Также регистрировались спектральные характеристики отражения 10 поддельных (т.е. с на-

личием других синтетических примесей) образцов данных материалов („Estelite Asteria pNE“, „Estelite Asteria pOCE“, „Estelite Asteria pTE“, „Estelite Asteria pWE“, „Estelite Asteria pYE“, „Estelite Asteria pA1B“, „Estelite Asteria pA2B“, „Estelite Asteria pA3B“, „Estelite Asteria pA3,5B“, „Estelite Asteria pA4B“, „Estelite Asteria pB3B“, „Estelite Asteria pBL“).

„Estelite Asteria“ по своим свойствам является уникальным материалом для эстетической реставрации твердых тканей зуба. Это светоотверждаемый, рентгеноконтрастный композиционный материал, предназначенный для использования при реставрации передних и боковых зубов, он подходит для кариозных полостей всех классов, включая реставрации, требующие минимального препарирования полости или не требующие препарирования. Материал содержит наполнитель — 82 % по весу, 71 % по объему. Высокая степень наполненности композита обеспечивает низкую полимеризационную усадку. В материале „Estelite Asteria“ содержится так же неорганический сферический наполнитель (средний размер частиц 200 нм), обеспечивающий стойкость блеска и устойчивость к истиранию.

Экспериментальные результаты. В ходе исследований были построены спектральные зависимости коэффициента отражения R стоматологических реставрационных материалов. Так, на рис. 2 представлены спектральные зависимости $R(\lambda)$ для материалов эмалевого оттенка: 1 — „Estelite Asteria WE“, 2 — „Estelite Asteria OCE“, 3 — „Estelite Asteria NE“, 4 — „Estelite Asteria YE“, 5 — „Estelite Asteria TE“.

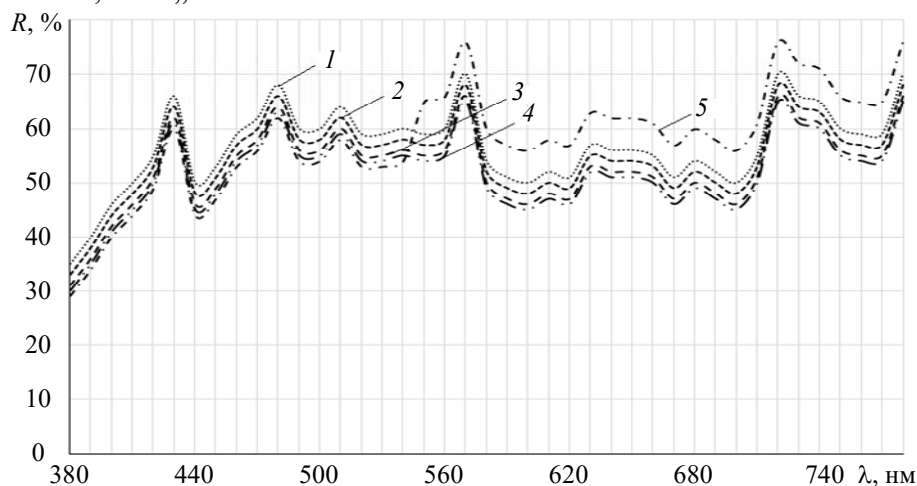


Рис. 2

При исследовании материалов выявлена разная отражательная способность образцов: максимальные значения R для композитов „Estelite Asteria WE“ и „Estelite Asteria TE“ (кривые 1, 5) составили 60 и 65 % при $\lambda = 430$ нм, 62 и 67 % при $\lambda = 480$ нм, 70 и 75 % (570 нм), 71 и 76 % (720 нм). Максимальные значения R композита „Estelite Asteria OCE“ (кривая 2) варьировались от 65 до 69 %, композит „Estelite Asteria NE“ имел 61, 63, 65 и 66 % (кривая 3), для „Estelite Asteria YE“ наибольшие значения спектра отражения составили 59, 61, 63 и 64 % (кривая 4) на тех же длинах волн.

Такие высокие значения спектров отражения стоматологических реставрационных материалов „Estelite Asteria“ эмалевого оттенка свидетельствуют о большом количестве введенного в материал диметакрилата (Bis-GMA, TEGDMA). Кроме того, все перечисленные композиты имели минимальную высоту рельефа, что обеспечивало материалу высокую отражательную способность.

Информация о спектрах отражения от поверхности этих образцов подтверждает сильную зависимость от длин волн в диапазоне 380...780 нм. Также спектральные кривые отражения практически совпадают по форме, пики зависимостей сопоставимы, сдвиги спектральных кривых не наблюдаются.

Таким образом, спектральный анализ материала „Estelite Asteria“ эмалевых оттенков показал, насколько точно выбрана гамма цветов, грамотно и тщательно подобран неорганический наполнитель (Бисфенол А диметакрилат, Бисфенол А полиэтоксид метакрилат, 1,6-бис-(метакрил-этилоксикарбониламино)-триметил гексан, триэтиленгликоль диметакрилат, метилметакрилат, дибутил гидроксил толуол и УФ-абсорбер).

Результаты измерений коэффициента отражения R от поверхности композитных материалов „Estelite Asteria“ оттенков Body представлены на рис. 3: 1 — „Estelite Asteria BL“, 2 — „Estelite Asteria A1B“, 3 — „Estelite Asteria A2B“, 4 — „Estelite Asteria B3B“, 5 — „Estelite Asteria A3B“, 6 — „Estelite Asteria A3,5B“, 7 — „Estelite Asteria A4B“. Спектры отражения данных образцов отличаются друг от друга. Максимальные значения коэффициента R имеет композит „Estelite Asteria BL“, а минимальные — „Estelite Asteria A4B“. По форме кривые имеют явно выраженные пики практически на одних и тех же длинах волн, значительные сдвиги кривых не наблюдаются.

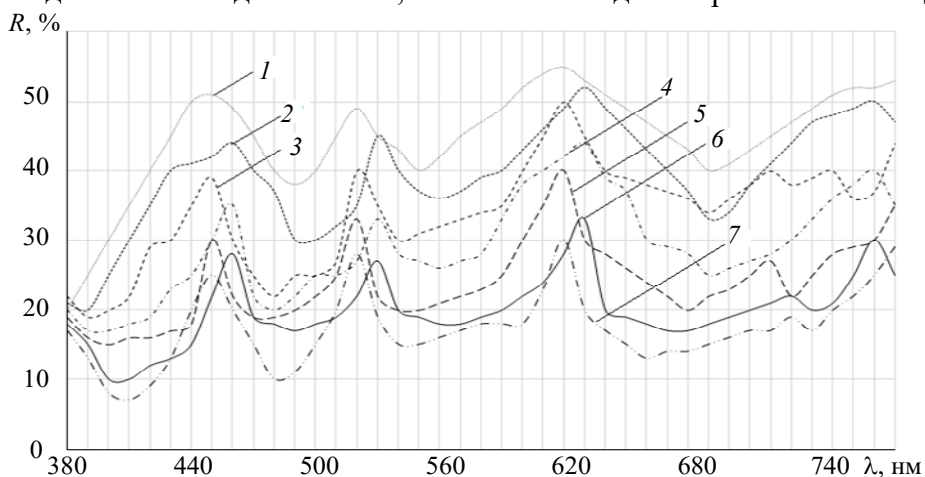


Рис. 3

При исследовании „Estelite Asteria“ оттенков Body значение R в целом было ниже, чем у этих материалов эмалевых оттенков. По-видимому, это связано с введением в материал неорганического наполнителя в разных пропорциях. Спектральный анализ показал, что „Estelite Asteria“ оттенков Body — хорошо сбалансированный и качественный материал.

Спектральные зависимости коэффициента отражения R поддельных стоматологических реставрационных материалов приведены на рис. 4 и 5. Так, на рис. 4. представлены зависимости $R(\lambda)$ для поддельных материалов эмалевого оттенка: 1 — „Estelite Asteria pWE“, 2 — „Estelite Asteria pOcE“, 3 — „Estelite Asteria pNE“, 4 — „Estelite Asteria pYE“, 5 — „Estelite Asteria pTE“.

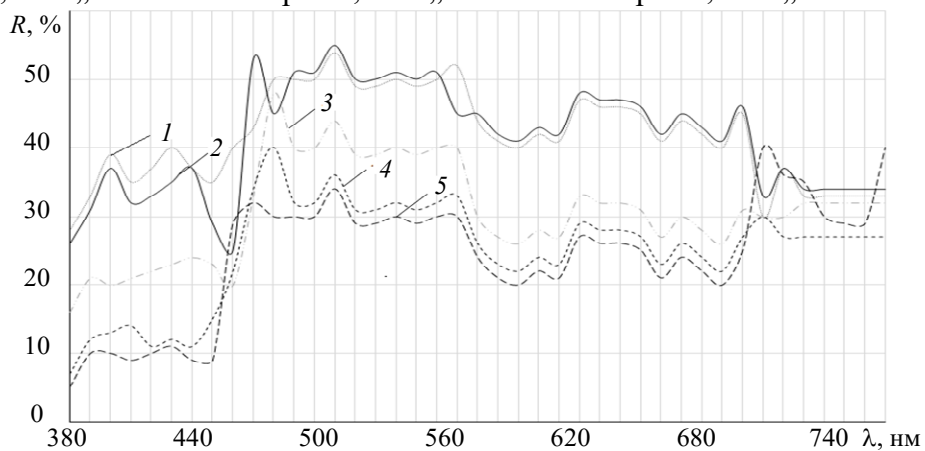


Рис. 4

В данном случае пики спектральных кривых отражения находятся на других длинах волн, хотя тенденция этих зависимостей — от максимальных значений R материала „Estelite Asteria pWE“ до минимальных значений R образца „Estelite Asteria pTE“ — сохраняется. По

сравнению с подлинными материалами значения R у поддельных композитов существенно меньше и лежат в диапазоне от 20 до 50 %. Такие низкие значения R обусловлены высоким поглощением световой волны инородными агентами (другими неорганическими наполнителями), введенными в поддельные стоматологические реставрационные материалы.

Кроме того, по форме спектральные кривые отражения этих материалов не соответствуют друг другу. Максимумы зависимостей смещены в более длинноволновую область. Полученные спектры отражения от поверхности данных образцов в диапазоне 380...780 нм имеют слабую зависимость от длин волн. Поэтому при изготовлении эстетических конструкций на твердых тканях зубов эмалевые оттенки этих материалов могут отличаться от заявленных в инструкции по применению.

Зависимости $R(\lambda)$ для поддельных материалов оттенка Body приведены на рис. 5: 1 — „Estelite Asteria pBL“, 2 — „Estelite Asteria pA1B“, 3 — „Estelite Asteria pA2B“, 4 — „Estelite Asteria pB3B“, 5 — „Estelite Asteria pA3B“, 6 — „Estelite Asteria pA3,5B“, 7 — „Estelite Asteria pA4B“. Исследования этих материалов показывают, что распределение коэффициента R в диапазоне длин волн 380...780 нм составляет от 5 до 35%. Данные распределения не соответствуют оригинальным подлинным материалам, так как для них значение R распределено в том же диапазоне длин волн, но имеет другие значения (20...50 %). Формы спектральных кривых отражения не идентичны, явно выраженных максимумов не наблюдается. Полученные данные свидетельствуют о том, что в композитные материалы добавлено малое количество диметакрилата, а значит, нарушена химическая формула подлинника.

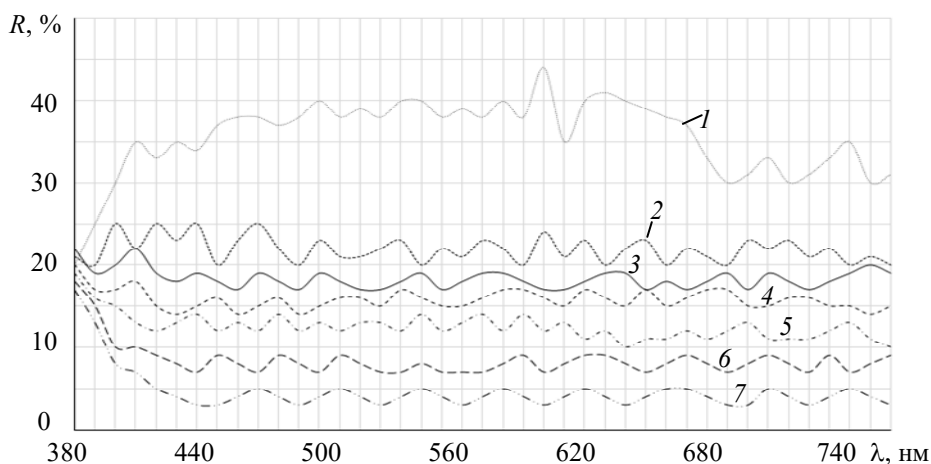


Рис. 5

Заключение. Проведенные экспериментальные исследования стоматологических реставрационных материалов с использованием метода спектроскопии отражения имеют важное практическое значение как для терапевтической стоматологии, так и для оптического приборостроения, расширяя экспериментальную научную базу. Данная методика позволяет выявить некачественный материал (подделку), тем самым исключает изготовление конструкций низкого качества для эстетической реставрации зубов. Полученные результаты расширяют область применения спектральных приборов для высокоточных и достоверных измерений как в стоматологии, так и в медицине в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Луцкая И. К. Практическая стоматология. Минск: Бел. наука, 1999. 360 с.
2. Прокопенко В. Т., Майоров Е. Е., Шаламай Л. И., Хохлова М. В., Туровская М. С., Ушакова А. С., Дагаев А. В. Применение сканирующей интерферометрии в низкокогерентном свете для измерения *in vivo* деминерализованных областей эмали под десной // Изв. вузов. Приборостроение. 2019. Т. 62, № 2. С. 128—135. DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-2-128-135.

3. Майоров Е. Е., Шаламай Л. И., Попова Н. Э., Коцкович А. В., Дагаев А. В., Хайдаров Г. Г., Хайдаров А. Г., Писарева Е. А. Исследование кариеса на ранней стадии образования когерентной сканирующей интерферометрией в низкокогерентном свете // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2018. № 11. С. 25—30. DOI: 10.25791/pribor.11.2018.000.
4. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. М.: Наука, 1970. 855 с.
5. Ландсберг Г. С. Оптика. М.: Наука, 1976. 926 с.
6. Богомолов А. С. Голографические методы исследования и контроля геометрических параметров отражающих изделий: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1983.
7. Hausler G., Bickel G., Maul M. Optica in modern science and technology // Conf. Dig. ICO-13. 1984. P. 534.
8. Креопалова Г. В., Лазарева Н. Л., Пуряев Д. Т. Оптические измерения. М.: Машиностроение, 1987. 264 с.
9. Котов И. Р., Майоров Е. Е., Хонов В. В. Интерферометрические исследования биологических объектов // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2004. № 15. С. 70—72.
10. Maiorov E. E., Prokopenko V. T., Ushveridze L. A. A system for the coherent processing of specklegrams for dental tissue surface examination // Biomedical Engineering. 2014. Vol. 47, N 6. P. 304—306. DOI: 10.1007/s10527-014-9397-2.
11. Прокопенко В. Т., Майоров Е. Е., Машек А. Ч., Удахина С. В., Цыганкова Г. А., Хайдаров А. Г., Черняк Т. А. Оптико-электронный прибор для контроля геометрических параметров диффузно отражающих объектов // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т. 59, № 5. С. 388—394. DOI: 10.17586/0021-3454-2016-59-5-388-394.
12. Майоров Е. Е., Попова Н. Э., Шаламай Л. И., Цыганкова Г. А., Черняк Т. А., Пушкина В. П., Писарева Е. А., Дагаев А. В. Цифровая голографическая интерферометрия как высокоточный инструмент в стоматологии // Изв. ТулГУ. Технические науки. 2018. Вып. 10. С. 249—256.
13. Майоров Е. Е., Машек А. Ч., Цыганкова Г. А., Писарева Е. А. Исследование спектрофотометра ультрафиолетовой области длин волн для анализа спектров пропускания дисперсных сред // Изв. ТулГУ. Технические науки. 2018. Вып. 4. С. 357—365.
14. Майоров Е. Е., Туровская М. С., Литвиненко А. Н., Черняк Т. А., Дагаев А. В., Пономарев С. Е., Курлов В. В., Катунин Б. Д. Исследование разработанного спектрофотометра для ультрафиолетовой области спектра и его технико-экономическое обоснование // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2018. № 7. С. 38—43.
15. Maiorov E. E., Shalamay L. I., Dagaev A. V., Kirik D. I., Khokhlova M. V. An interferometric device for detecting subgingival caries // Biomedical Engineering. 2019. Vol. 53. P. 258—261. DOI: 10.1007/s10527-019-09921-0.
16. Майоров Е. Е., Туровская М. С., Шаламай Л. И., Черняк Т. А., Хохлова М. В., Таюрская И. С., Константинова А. А., Арефьев А. В. Обработка интерференционного сигнала, отраженного от биологического объекта методом дифференцирования // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2019. № 11. С. 23—31. DOI: 10.25791/pribor.11.2019.1003.
17. Прокопенко В. Т., Майоров Е. Е., Шаламай Л. И., Хохлова М. В., Катунин Б. Д., Капралов Д. Д. Исследование in vivo минерализованных областей эмали под десной с помощью интерферометрического прибора // Изв. вузов. Приборостроение. 2019. Т. 62, № 7. С. 641—646. DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-7-641-646.

Сведения об авторах

Диана Алексеевна Кузьмина

— д-р мед. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет, кафедра стоматологии; E-mail: dianaspb@rambler.ru

Евгений Евгеньевич Майоров

— канд. техн. наук, доцент; Университет при Межпарламентской ассамблее ЕврАзЭС; СПбУТУиЭ, кафедра информационных технологий и математики; E-mail: majorov_ee@mail.ru

Людмила Ивановна Шаламай

— канд. мед. наук, доцент; Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, кафедра стоматологии терапевтической и пародонтологии; E-mail: l.shalamay@mail.ru

Елена Юрьевна Мендоса

— ассистент; Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова, кафедра клинической стоматологии; E-mail: mendosaMSUMD@gmail.com

Надежда Сергеевна Нарушак

— Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, кафедра стоматологии терапевтической и пародонтологии; старший лаборант;
E-mail: 9811680171@mail.ru

Поступила в редакцию
14.09.2020 г.

Ссылка для цитирования: Кузьмина Д. А., Майоров Е. Е., Шаламай Л. И., Мендоса Е. Ю., Нарушак Н. С. Использование метода спектроскопии отражения для распознавания подлинности стоматологических реставрационных материалов // Изв. вузов. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 1. С. 63—70.

USING THE REFLECTION SPECTROSCOPY METHOD TO RECOGNIZE THE AUTHENTICITY OF DENTAL RESTORATION MATERIALS

D. A. Kuzmina¹, E. E. Maiorov^{2,3}, L. I. Shalamay⁴,
E. Yu. Mendosa⁵, N. S. Narushak⁴

¹St. Petersburg State University, 199034, St. Petersburg, Russia

²University of the EurAsEC Inter-Parliamentary Assembly,
194044, St. Petersburg, Russia

³St. Petersburg University of Management Technologies and Economics,
190103, St. Petersburg, Russia
E-mail: maiorov_ee@mail.ru

⁴Pavlov University, 197022, St. Petersburg, Russia

⁵A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry,
127473, Moscow, Russia

The relevance of the method of reflection spectroscopy for the study of modern dental restoration materials is demonstrated. An automated spectral device "Fluorat-02-panorama" with a developed optical attachment for measuring the reflection spectra of the studied samples is presented. Spectral dependences of the reflection coefficient of composite materials "Estelite Asteria" in "enamel" and "body" shades were obtained, and reflection spectra for samples of both genuine and fake materials were measured. It is shown that for a fake material, the spectral reflection curves are deformed, the maximum values of the reflection coefficient are shifted to the long-wave region of the spectrum, and there is also a significant decrease in the value of the reflection coefficient in the wavelength range of 380...780 nm.

Keywords: reflection spectroscopy, reflection coefficient, therapeutic dentistry, composite material, inorganic filler

REFERENCES

1. Lutskaya I.K. *Prakticheskaya stomatologiya* (Practical Dentistry), Minsk, 1999, 360 p. (in Russ.)
2. Prokopenko V.T., Maiorov E.E., Shalamay L.I., Khokhlova M.V., Turovskaya M.S., Ushakova A.S., Dagaev A.V. *Journal of Instrument Engineering*, 2019, no. 2(62), pp. 128–135. DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-2-128-135. (in Russ.)
3. Maiorov E.E., Shalamay L.I., Popova N.E., Kockovic A.V., Dagaev A.V., Khaidarov G.G., Khaidarov A.G., Pisareva E.A. *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics*, 2018, no. 11, pp. 25–30. DOI: 10.25791/pribor.11.2018.000. (in Russ.)
4. Born M., Wolf E. *Principles of Optics*, Pergamon Press, 1970.
5. Landsberg G.S. *Optika* (Optics), Moscow, 1976, 926 p. (in Russ.)
6. Bogomolov A.S. *Golograficheskiye metody issledovaniya i kontrolya geometricheskikh parametrov otrazhayushchikh izdeliy* (Holographic Methods of Research and Control of Geometric Parameters of Reflective Products), Candidate's thesis, Moscow, 1983, 181 p. (in Russ.)
7. Hausler G., Bickel G., Maul M. *Conf. Dig. ICO-13*, 1984, pp. 534.
8. Kreopalova G.V., Lazareva N.L., Puryayev D.T. *Opticheskiye izmereniya* (Optical Measurements), Moscow, 1987, 264 p. (in Russ.)
9. Kotov I.R., Maiorov E.E., Khopov V.V. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2004, no. 15, pp. 70–72. (in Russ.)
10. Maiorov E.E., Prokopenko V.T., Ushveridze L.A. *Biomedical Engineering*, 2014, no. 6(47), pp. 304–306. DOI: 10.1007/s10527-014-9397-2
11. Prokopenko V.T., Maiorov E.E., Mashek A.Ch., Udakhina S.V., Tsygankova G.A., Khaidarov A.G., Chernyak T.A. *Journal of Instrument Engineering*, 2016, no. 5(59), pp. 388–394. DOI: 10.17586/0021-3454-2016-59-5-388-394. (in Russ.)
12. Maiorov E.E., Popova N.E., Shalamay L.I., Tsygankova G.A., Chernyak T.A., Pushkina V.P., Pisareva

- E.A., Dagaev A.V. *News of the Tula state university. Technical sciences*, 2018, no. 10, pp. 249–256. (in Russ.)
13. Maiorov E.E., Mashek A.Ch., Tsygankova G.A., Pisareva E.A. *News of the Tula state university. Technical sciences*, 2018, no. 4, pp. 357–365. (in Russ.)
14. Maiorov E.E., Turovskaya M.S., Litvinenko A.N., Chernyak T.A., Dagaev A.V., Ponomarev S.E., Kurlov V.V., Katunin B.D. *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics*, 2018, no. 7, pp. 38–43. (in Russ.)
15. Maiorov E.E., Shalamay L.I., Dagaev A.V., Kirik D.I., Khokhlova M.V. *Biomedical Engineering*, 2019, vol. 53, pp. 258–261. DOI: 10.1007/s10527-019-09921-0.
16. Maiorov E.E., Turovskaya M.S., Shalamay L.I., Chernyak T.A., Khokhlova M.V., Tayurskaya I.S., Konstantinova A.A., Arefiev A.V. *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics*, 2019, no. 11, pp. 23–31. DOI: 10.25791/pribor.11.2019.1003. (in Russ.)
17. Prokopenko V.T., Maiorov E.E., Shalamay L.I., Khokhlova M.V., Katunin B.D., Kapralov D.D. *Journal of Instrument Engineering*, 2019, no. 7(62), pp. 643–649. DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-7-643-649. (in Russ.)

Data on authors

- Diana A. Kuzmina** — Dr. Sci., Professor; St. Petersburg State University, Faculty of Dentistry; E-mail: dianaspb@rambler.ru
- Evgeny E. Maiorov** — PhD, Associate Professor; University of the EurAsEC Inter-Parliamentary Assembly; St. Petersburg University of Management Technologies and Economics, Department of Information Technologies and Mathematics; E-mail: majorov_ee@mail.ru
- Lyudmila I. Shalamay** — PhD, Associate Professor; Pavlov University, Department of Therapeutic Dentistry and Periodontics; E-mail: l.shalamay@mail.ru
- Elena Yu. Mendosa** — Assistant; A.I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Department of Clinical Dentistry; E-mail: mendosaMSUMD@gmail.com
- Nadezhda S. Narushak** — Pavlov University, Department of Therapeutic Dentistry and Periodontics; Senior Laboratory Assistant; E-mail: 9811680171@mail.ru

For citation: Kuzmina D. A., Maiorov E. E., Shalamay L. I., Mendosa E. Yu., Narushak N. S. Using the reflection spectroscopy method to recognize the authenticity of dental restoration materials. *Journal of Instrument Engineering*. 2021. Vol. 64, N 1. P. 63–70 (in Russian). DOI: 10.17586/0021-3454-2021-64-1-63-70