

## СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ КОНТРОЛЬНОЙ ФИКСАЦИИ НАПОЛНИТЕЛЯ К ШЛИФУ ЗУБА СТОМАТОЛОГИЧЕСКИМ ЦЕМЕНТОМ

Л. И. ШАЛАМАЙ<sup>1</sup>, Е. Е. МАЙОРОВ<sup>2\*</sup>, Е. Ю. МЕНДОСА<sup>3</sup>,  
В. Б. ЛАПМПУСОВА<sup>1</sup>, Н. С. ОКСАС<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова,  
Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,  
Санкт-Петербург, Россия

\*[majorov\\_e@mail.ru](mailto:majorov_e@mail.ru)

<sup>3</sup> Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова,  
Москва, Россия

**Аннотация.** Проведено исследование, направленное на получение спектральных данных о проникновении адгезива химического отверждения „Tokuyama Universal Bond II“ в дентин при использовании разных методик. Представлен внешний вид спектрофотометра, дана оптическая схема и приведены технические характеристики прибора. Приведены образцы для исследований, изготовленные по разным методикам. Получены спектральные зависимости коэффициента поглощения в зоне фиксации композитных вкладок с дентином и приграничных областей образцов-шлифов при применении адгезива „Tokuyama Universal Bond II“ по протоколу, описанному в инструкции; при нанесении „Tokuyama Universal Bond II“ с дополнительной 10-секундной экспозицией на дентине до начала раздувания; при 10-секундном втирании „Tokuyama Universal Bond II“ в поверхность дентина.

**Ключевые слова:** спектрофотометр, образец контрольной фиксации, коэффициент поглощения, кварцевая кювета, длина волны излучения, композитная вкладка, адгезив химического отверждения

**Ссылка для цитирования:** Шаламай Л. И., Майоров Е. Е., Мендоса Е. Ю., Лампусова В. Б., Оксас Н. С. Спектрофотометрическое исследование образцов контрольной фиксации наполнителя к шлифу зуба стоматологическим цементом // Изв. вузов. Приборостроение. 2023. Т. 66, № 10. С. 887—894. DOI: 10.17586/0021-3454-2023-66-10-887-894.

## USING A SPECTROPHOTOMETER IN A STUDY OF SAMPLES TO CHECK CONTROL FIXATION OF THE FILLER TO THE TOOTH SECTION WITH DENTAL CEMENT

L. I. Shalamay<sup>1</sup>, E. E. Majorov<sup>2\*</sup>, E. Yu. Mendosa<sup>3</sup>,  
V. B. Lampusova<sup>1</sup>, N. S. Oksas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pavlov University, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg, Russia  
majorov\_e@mail.ru

<sup>3</sup> A. I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry,  
Moscow, Russia

**Abstract.** A study is conducted to obtain spectral data on the penetration of the chemically cured adhesive “Tokuyama Universal Bond II” into dentin using various techniques. An external view of the used spectrophotometer is shown, an optical diagram of the instrument is presented, and the technical characteristics of the device are formulated. Samples for research, prepared using various methods, are depicted. The spectral dependences of the absorption coefficient are obtained in the zone of the boundaries of fixation of composite inlays with dentin and the border areas of the specimen-sections when using the Tokuyama Universal Bond II adhesive according to the protocol described in the manufacturer's instructions: when applying “Tokuyama Universal Bond II” with an additional 10-second exposure on the dentin before swelling begins; by rubbing “Tokuyama Universal Bond II” into the dentin surface for 10 seconds.

**Keywords:** spectrophotometer, control fixation sample, absorption coefficient, quartz cuvette, radiation wavelength, composite tab, chemical curing adhesive

**For citation:** Shalamay L. I., Maiorov E. E., Mendoza E. Yu., Lampusova V. B., Oksas N. S. Using a spectrophotometer in a study of samples to check control fixation of the filler to the tooth section with dental cement. *Journal of Instrument Engineering*. 2023. Vol. 66, N 10. P. 887—894 (in Russian). DOI: 10.17586/0021-3454-2023-66-10-887-894.

**Введение.** В терапевтической стоматологии за последние двадцать лет произошло много кардинальных изменений: теперь стоматологи повсеместно используют современные адгезивные технологии, композитные реставрационные материалы и фотополимеризаторы [1]. На сегодняшний день врачи выполняют восстановление твердых тканей зубов с морфологической точностью, воспроизведением индивидуальных оптических характеристик и подбором цветовой гаммы [2]. На отечественном рынке стоматологических материалов постоянно появляются новые адгезивы, цементы, а также эстетические композиты для прямой и непрямой реставрации [3]. Воссозданная форма и правильно подобранный цвет не всегда могут дать полную гарантию высокой эстетики реставрации. В отдаленных клинических результатах важны такие характеристики реставрационных материалов, как прочность, устойчивость к функциональным нагрузкам, полируемость, герметичность [4]. Реставрационные композиты по физико-химическим и оптическим свойствам во многом приближены к твердым тканям зуба, но все-таки отличаются от них [5, 6]. Это можно отметить при визуальном сравнении пломб с твердыми тканями зубов. В полости рта, при постоянном изменении температурного режима, условий освещения, жевательной нагрузки и пр. [7, 8] могут изменяться не только реставрация, но и ее краевое прилегание, может возникать механическая и гидролитическая деградация адгезивного соединения [9, 10]. Таким образом, для качественного восстановления твердых тканей зубов одинаково важен как выбор реставрационного композита, так и бондингового агента [11]. Для того чтобы добиться наилучшего клинического результата, необходимо детально исследовать как новейшие композиты, так и адгезивные системы, это особенно важно, когда характеристики новых стоматологических материалов значительно отличаются от параметров предшественников.

В настоящее время существует множество методов и средств оценки и контроля свойств материалов. В сферу стоматологии все больше внедряются современные оптические и оптико-электронные приборы и комплексы, которые позволяют доказательно сравнивать оптические характеристики, верифицировать материалы (исключать подделки), оценивать краевое прилегание и фиксацию к тканям зуба [12, 13]. Среди всего многообразия методов и средств огромное внимание уделяется спектральным приборам [14, 15]. Эти приборы позволяют получить достоверную, наглядную и точную информацию о структуре и составе исследуемого вещества по спектру поглощения. Спектрометры дают возможность как качественно, так и количественно интерпретировать результаты измерений [16, 17].

Для клинической стоматологии важным является вопрос о проникновении стоматологических адгезивов в дентин зуба. От глубины проникновения во многом зависит сцепление бонда с дентином, а значит, и герметичность и краевое прилегание реставраций к твердым тканям зуба.

Поэтому представляет интерес изучение оптических свойств места соединения стоматологического адгезива и композитного цемента с твердыми тканями зуба с помощью спектрофотометра.

Цель настоящей работы: выяснить, имеет ли значение техника нанесения на дентин универсального стоматологического химического адгезива „Tokuyama Universal Bond II“, исследовать спектрофотометром образцы контрольной фиксации композитных вкладок к дентину адгезивом „Tokuyama Universal Bond II“ и композитным цементом „Estecem II Plus“.

В работе поставлена задача с помощью автоматизированного спектрофотометра „u-Violet VIS“ компании „ЛабКонцепт“ получить спектральные зависимости коэффициента

поглощения от длины волны излучения на стыке стоматологических материалов и дентина, проанализировать полученные экспериментальные результаты и определить по составу прилегающих областей глубину проникновения внешних агентов в дентин.

**Метод и объект исследования.** В качестве объектов исследования использовались современные стоматологические материалы для восстановительных работ на твердых тканях зуба фирмы „Tokuyama Dental“ (Япония): „Tokuyama Universal Bond II“ и „Estecem II Plus“.

„Tokuyama Universal Bond II“ — двухкомпонентная, самополимеризующаяся адгезивная система для фиксации прямых и непрямых реставраций по протоколу тотального протравливания, избирательного протравливания эмали или самопротравливания. Универсальный адгезив „Tokuyama Universal Bond II“ совместим с композитными материалами химической (самополимеризующимися), световой и двойной полимеризации. Этот материал повышает прочность адгезии полимеризуемых композитных материалов (адгезивный композитный цемент, акриловая пластмасса, композитная смола) к материалам непрямых реставраций: стеклокерамика, оксидная керамика (оксид циркония или алюминия), металлы (благородные и неблагородные), композиты с неорганическим наполнителем. Он содержит мономеры фосфорной кислоты, бисфенол-А-ди(2-гидроксипропокси) диметакрилат (Bis-GMA), триэтиленгликоль диметакрилат (TEGDMA), 2-гидроксиэтил метакрилат (HEMA), MTU-6 (тиоурацил мономер), силанизирующий агент, пероксид, боратовый катализатор, ацетон, этанол, очищенную воду.

„Estecem II Plus“ — рентгеноконтрастный композитный цемент двойной полимеризации (световая и/или химическая). Удобен в работе, обладает превосходными эстетическими характеристиками, обеспечивает адгезию к тканям зуба и всем реставрационным материалам. Врачами-стоматологами отмечается высокая прочность адгезии при химической полимеризации и качественная адгезия к кремнийсодержащей керамике. Это возможно благодаря двухкомпонентной системе подготовки тканей зуба и поверхности реставрации. Этот цемент не содержит кислые мономеры, которые могут стать причиной окрашивания и, как следствие, неэстетичного внешнего вида реставрации. Прочность после полимеризации и устойчивость к окрашиванию являются важными преимуществами материала.

Исследуемые материалы были предоставлены ООО „Центр имплантации и комплексного лечения“ (Санкт-Петербург).

Для исследований использовался автоматизированный спектрофотометр „u-Violet VIS“, внешний вид которого приведен на рис. 1.



Рис. 1

Построенный по однолучевой схеме спектрофотометр предназначен для измерений в диапазоне длин волн 320—1100 нм. Он активно используется в научных и учебных лабораториях.

риях, пригоден для решения различного рода задач в химической, пищевой, оптической промышленности. Спектрофотометр имеет несколько режимов измерения: спектральный, фотометрический, кинетический и количественный анализ. В приборе предусмотрен аварийный режим работы: когда отключается питание, полученные результаты сохраняются во внутренней памяти. Спектрофотометр комплектуется держателями четырех кювет с длиной оптического пути 5—50 мм и одной кюветы с длиной оптического пути 100 мм.

На рис. 2 приведена оптическая схема „u-Violet VIS“: 1 — вольфрамовая галогеновая лампа; 2 — собирающее зеркало; 3—8 — фильтры; 9 — защитная пленка; 10, 14 — щели; 11 — дифракционная решетка; 12, 13 — направляющие зеркала; 15 — собирающая линза; 16 — кюветное отделение; 18 — фотоэлектронный умножитель.

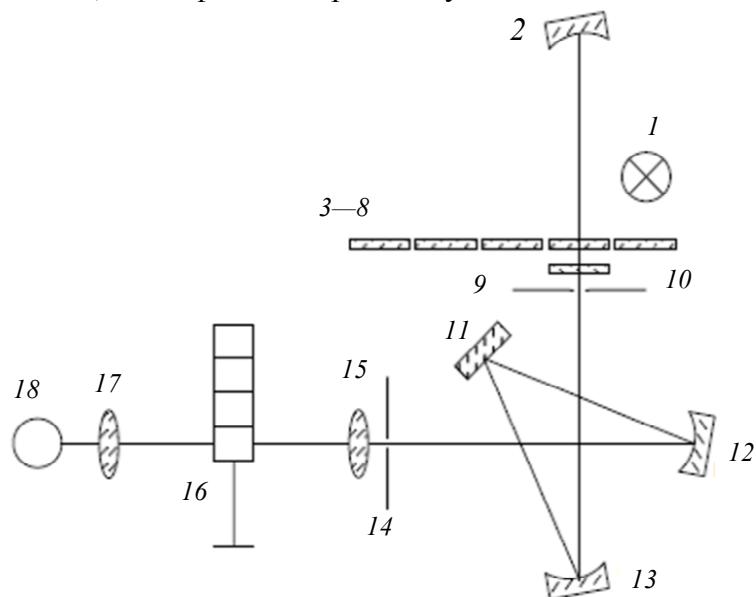


Рис. 2

Технические характеристики спектрофотометра „u-Violet VIS“ приведены ниже:

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| Оптическая схема.....   | Однолучевая                 |
| Источник излучения.....   | Вольфрамовая                |
| .....   | галогенная лампа            |
| Детектор.....   | ФЭУ                         |
| Спектральный диапазон .....   | 320—1100 нм                 |
| Ширина щели .....   | 2 нм                        |
| Погрешность установки длины волны .....                                       | $\pm 0,5$ нм                |
| Фотометрический диапазон .....  | —0,3—3,0 Abs                |
| Уровень рассеянного излучения<br>(220 нм NaI, 360 нм NaNO <sub>2</sub> )..... | $\leq 0,05$ %               |
| Фотометрическая точность .....  | $\pm 0,002$ Abs (0—0,5 Abs) |
| .....   | $\pm 0,004$ Abs (0,5—1 Abs) |
| .....   | $\pm 0,5$ % (0—100 %)       |
| Фотометрическая воспроизводимость .....                                       | $\leq 0,2$ %                |
| Размеры.....  | 53×41×21 см                 |
| Вес .....   | 18 кг                       |

**Экспериментальные результаты.** Образцы для исследований (рис. 3) состояли из двух одинаковых вкладок 1 и 2, изготовленных из композитного материала, между которыми находился дентин, который фиксировался к ним посредством стоматологического клея „Tokuyama Universal Bond II“ и цемента „Estecem II Plus“. Согласно инструкции нанесения и фиксации к дентину, методика была следующей: со стороны 1 (рис. 3, а) наносили на поверхность дентина клей и раздували воздухом. Затем приклеивали композитную вкладку к дентину посредством цемента. Метод 10-секундной экспозиции применялся со стороны 2: на по-

верхность дентина наносили клей и через 10 с раздували воздухом, после чего фиксировали композитную вкладку к дентину цементом. На втором образце (рис. 3, б) сторона 1 была обработана, как и у первого образца, а на стороне 2 был применен метод втирания, т.е. нанесенный на поверхность дентина клей втирали в течение 10 с, затем раздували воздухом и далее крепили композитную вкладку к дентину стоматологическим цементом.

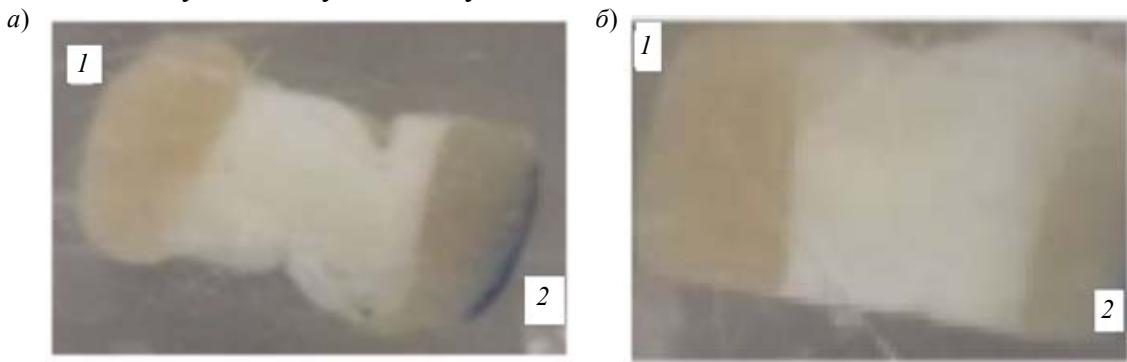


Рис. 3

Данные образцы были зафиксированы в кварцевой кювете перпендикулярно основанию кюветы. Во время измерений кювета с образцом перемещалась на определенную высоту посредством специального микрометрического устройства, чтобы световой луч просканировал нужные границы и пограничные области. На рис. 4 показан канал измерений, в котором производился контроль образцов.



Рис. 4

В результате экспериментальных исследований получены зависимости коэффициента поглощения дентина  $K$  от глубины проникновения адгезива  $h$  (рис. 5; 1 — 10-секундная экспозиция, 2 — 10-секундное активное втирание адгезива).

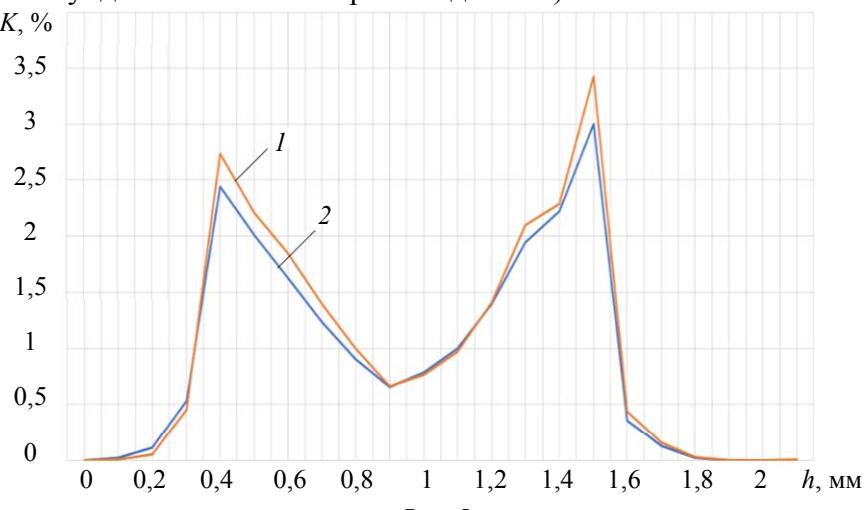


Рис. 5

Графические зависимости показывают, что в различных образцах, полученных с применением базовой и модифицированных методик нанесения адгезива, кривые практически не различаются по форме, есть лишь незначительные различия в высоте зубцов. Восходящие кривые на участке 0,1—0,2 мм демонстрируют поглощение композитной вкладкой, участок 0,2—0,3 мм соответствует диапазону коэффициентов поглощения композитным цементом, интервал 0,3—0,4 мм соответствует адгезивному слою и глубине проникновения стоматологического адгезива при применении его по инструкции (контроль). Максимум поглощения бонда регистрируется на отметке 0,4 мм, далее виден явно выраженный спектр дентина зуба без проникновения в него адгезива 0,4—1,5 мм. Нисходящие кривые от 1,5 до 1,6 мм дают информацию о глубине гибридного и адгезивного слоев адгезива при применении модифицированных методик. Отрезок 1,6—1,7 мм фиксирует поглощение композитного цемента, 1,7—1,8 мм — поглощение композитной вкладки. Проанализировав спектральные зависимости, можно сделать вывод, что все представленные методики одинаково эффективны, дополнительная экспозиция или активное втирание бонда не привели к увеличению глубины проникновения, поэтому в клинической практике врачу-стоматологу достаточно действовать по алгоритму, рекомендованному в инструкции производителя.

**Заключение.** В работе получены спектральные зависимости коэффициента поглощения на стыке образцов, представленных композитом вкладки, цементом для фиксации и адгезивом (при нанесении адгезива согласно трем различным методикам). Для каждой методики выявлены параметры глубины проникновения универсального бонда химического отверждения в дентин. Данное исследование показало, что „Tokuyama Universal Bond II“ (при применении его по инструкции производителя) обладает высокой способностью образования гибридного слоя с дентином, дополнительные экспозиция 10 с на поверхности дентина или активное втирание в дентин в течение 10 с адгезива „Tokuyama Universal Bond II“ не дают значимых изменений по глубине его проникновения. Результаты настоящей работы могут представлять интерес для медицины, в частности, терапевтической и ортопедической стоматологии, а также для оптического приборостроения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Князева М. А. Виды стоматологических фотополимеризационных устройств и их сравнительная характеристика // Вестн. ВГМУ. 2011. Т. 10, № 4. С. 138—147.
2. 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.
3. 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.
4. 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. DOI: 10.17586/0021-3454-2021-64-1-63-70.
5. Кузьмина Д. А., Мендоса Е. Ю., Майоров Е. Е., Нарушак Н. С., Сакерина А. И., Шаламай Л. И. Экспериментальные исследования оптических свойств твердых тканей передних зубов и современных синтетических пломбировочных материалов // Стоматология для всех. 2020. № 4. С. 58—62. DOI.org/10.35556/idr-2020-4(93)58-62.
6. Майоров Е. Е., Шаламай Л. И., Кузьмина Д. А., Мендоса Е. Ю., Нарушак Н. С., Сакерина А. И. Спектральный анализ стоматологического реставрационного материала и зубной ткани пациентов разных возрастных групп *in vitro* // Изв. ТулГУ. Технические науки. 2020. № 8. С. 105—114.
7. Шаламай Л. И., Мендоса Е. Ю., Кузьмина Д. А., Майоров Е. Е. Исследование оптических свойств композитных материалов и твердых тканей зуба пациентов *in vitro* // Dental Forum. 2021. № 1. С. 3—6.

8. Кузьмина Д. А., Шаламай Л. И., Мендоса Е. Ю., Майоров Е. Е., Нарушак Н. С. Флуоресцентная спектроскопия для анализа пломбировочных материалов и твердых тканей зубов *in vitro* // Изв. вузов. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 7. С. 576—582. DOI: 10.17586/0021-3454-2021-64-7-576-582.
9. Черняк Т. А., Бородянский Ю. М., Петрова Е. А., Майоров Е. Е., Попова Е. В., Хохлова М. В. Применение автоматизированного оптико-механического устройства для томографического исследования десны под воздействием внешних агентов // Научное приборостроение. 2021. Т. 31, № 3. С. 16—24.
10. Майоров Е. Е., Курлов В. В., Дагаев А. В., Таюрская И. С., Громов О. В., Гулиев Р. Б. Применение спектролориметрической системы для исследований реставрационных стоматологических материалов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2021. № 12. С. 6-10. DOI: 10.25791/pribor.12.2021.1307.
11. Майоров Е. Е., Шаламай Л. И., Мендоса Е. Ю., Лампусова В. Б., Оксас Н. С. Спектральные методы и средства исследований оптических свойств стоматологического материала на основе метилметакрилатных смол // Медицинская техника. 2021. № 6. С. 24—27.
12. Шаламай Л. И., Оксас Н. С., Лампусова В. Б., Мендоса Е. Ю., Майоров Е. Е. Экспериментальные исследования спектров оптического поглощения и пропускания стоматологического реставрационного материала разной толщины // Dental Forum. 2022. № 1. С. 22—26.
13. Шаламай Л. И., Майоров Е. Е., Мендоса Е. Ю., Лампусова В. Б., Оксас Н. С. Определение рабочей толщины слоя современного стоматологического блокера методом спектроскопии // Изв. вузов. Приборостроение. 2022. Т. 65, № 2. С. 167—172. DOI: 10.17586/0021-3454-2022-65-2-167-172.
14. Креопалова Г. В., Лазарева Н. Л., Пуряев Д. Т. Оптические измерения. М.: Машиностроение, 1987. 264 с.
15. Котов И. Р., Майоров Е. Е., Хопов В. В. Интерферометрические исследования биологических объектов // Науч.-техн. вестн. СПбГУ ИТМО. 2004. № 15. С. 70—72.
16. Шаламай Л. И., Мендоса Е. Ю., Майоров Е. Е., Лампусова В. Б., Оксас Н. С. Получение спектральных зависимостей коэффициента пропускания композитного материала, блокирующего влияние темноты полости рта при реставрации сквозных дефектов коронковой части передних зубов // Стоматология для всех. 2022. № 1(98). С. 52—57. DOI: 10.35556/idr2022-1(98)52-57.
17. Шаламай Л. И., Мендоса Е. Ю., Майоров Е. Е., Лампусова В. Б., Оксас Н. С. Применение метода молекулярной спектроскопии для количественного анализа твердофазных стоматологических образцов // MEDICUS. 2022. № 2(44). С. 54—60.

#### *Сведения об авторах*

**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

**Евгений Евгеньевич Майоров**

- канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, кафедра прикладной математики; E-mail: majorov\_ee@mail.ru

**Елена Юрьевна Мендоса**

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

**Виктория Борисовна Лампусова**

- канд. мед. наук, доцент; Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И. П. Павлова, кафедра стоматологии терапевтической и пародонтологии; E-mail: victoriala383@gmail.com

**Наталья Сергеевна Оксас**

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

Поступила в редакцию 05.04.23; одобрена после рецензирования 19.04.23; принята к публикации 28.08.23.

## REFERENCES

1. Knyazeva M.A. *Vestnik Vitebskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*, 2011, no. 4(10), pp. 138–147. (in Russ.)
2. 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
3. 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.
4. Kuzmina D.A., Maiorov E.E., Shalamay L.I., Mendosa E.Yu., Narushak N.S. *Journal of Instrument Engineering*, 2021, no. 1(64), pp. 63–70, DOI: 10.17586/0021-3454-2021-64-1-63-70 (in Russ.)
5. Kuzmina D.A., Mendoza E.Yu., Maiorov E.E., Narushak N.S., Sakerina A.I., Shalamai L.I. *Dentistry for everyone*, 2020, no. 4, pp. 58–62, DOI.org/10.35556/indr-2020-4(93)58-62. (in Russ.)
6. Maiorov E.E., Shalamay L.I., Kuzmina D.A., Mendosa E.Yu., Narushak N.S., Sakerina A.I. *News of the Tula State University. Technical sciences*, 2020, no. 8, pp. 105–114. (in Russ.)
7. Shalamay L.I., Mendosa E.Yu., Kuzmina D.A., Maiorov E.E. *Dental Forum*, 2021, no. 1, pp. 3–6. (in Russ.)
8. Kuzmina D.A., Shalamay L.I., Mendosa E.Yu., Maiorov E.E., Narushak N.S. *Journal of Instrument Engineering*, 2021, no. 7(64), pp. 576–582, DOI: 10.17586/0021-3454-2021-64-7-576-582 (in Russ.)
9. Chernyak T.A., Borodyansky Y.M., Petrova E.A., Maiorov E.E., Popova E.V., Khokhlova M.V. *Nauchnoe Priborostroenie* (Scientific Instrumentation), 2021, no. 3(31), pp. 16–24. (in Russ.)
10. Maiorov E.E., Kurlov V.V., Dagaev A.V., Tayurskaya I.S., Gromov O.V., Guliyev R.B. *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics*, 2021, no. 12, pp. 6–10, DOI: 10.25791/pribor.12.2021.1307. (in Russ.)
11. Maiorov E.E., Shalamai L.I., Mendosa E.Y., Lampusova V.B., Oksas N.S. *Biomedical Engineering*, 2021, no. 6, pp. 24–27 (in Russ.)
12. Shalamay L.I., Oksas N.S., Lampusova V.B., Mendosa E.Yu., Maiorov E.E. *Dental Forum*, 2022, no. 1, pp. 22–26. (in Russ.)
13. Shalamay L.I., Maiorov E.E., Mendosa E.Yu., Lampusova V.B., Oksas N.S. *Journal of Instrument Engineering*, 2022, no. 2(65), pp. 167–172, DOI: 10.17586/0021-3454-2022-65-2-167-172. (in Russ.)
14. Kreopalova G.V., Lazareva N.L., Puryayev D.T. *Opticheskiye izmereniya* (Optical Measurements), Moscow, 1987, 264 p. (in Russ.)
15. Kotov I.R., Mayorov E.E., Khopov V.V. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2004, no. 15, pp. 70–72. (in Russ.)
16. Shalamay L. I. Mendosa E. Yu., Maiorov E. E., Lampusova V. B., Oksas N. S. *Dentistry for everyone*, 2022, no. 1(98), pp. 52–57, DOI: 10.35556/indr2022-1(98)52-57. (in Russ.)
17. Shalamay L.I., Mendosa E.Yu., Maiorov E.E., Lampusova V.B., Oksas N.S. *MEDICUS*, 2022, no. 2(44), pp. 54–60. (in Russ.)

**Data on authors**

- Ludmila I. Shalamay** — PhD, Associate Professor; Pavlov University, Department of Therapeutic Dentistry and Periodontology; E-mail: l.shalamay@mail.ru
- Evgeny E. Maiorov** — PhD, Associate Professor; St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Department of Applied Mathematics; E-mail: majorov\_ee@mail.ru
- Elena Yu. Mendosa** — A. I. Yevdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Department of Clinical Dentistry; Assistant; E-mail: mendosaMSUMD@gmail.com
- Victoria B. Lampusova** — PhD, Associate Professor; Pavlov University, Department of Therapeutic Dentistry and Periodontology; E-mail: victoriala383@gmail.com
- Nataliya S. Oksas** — PhD, Associate Professor; Pavlov University, Department of Therapeutic Dentistry and Periodontology; E-mail: gyvas@yandex.ru

Received 05.04.23; approved after reviewing 19.04.23; accepted for publication 28.08.23.