

© БАЙТУС Н.А., НОВАК Н.В., 2016

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕПУЛЬПИРОВАННЫХ ЗУБОВ ПРИ КОРОТКОВОЛНОВОМ ОСВЕЩЕНИИ

БАЙТУС Н.А.*, НОВАК Н.В.**

*Клиника УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», г. Витебск, Республика Беларусь

**ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования», г. Минск, Республика Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2016. – Том 15, №4. – С. 73-79.

EXPERIMENTAL STUDY OF OPTICAL PROPERTIES OF THE DEVITALIZED TEETH ON SHORT-WAVE LIGHTING

BAITUS N.A.*, NOVAK N.V.**

*Clinic of Educational Establishment «Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University», Vitebsk, Republic of Belarus

**State Educational Establishment «Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education», Minsk, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2016;15(4):73-79.

Резюме.

Известно, что после депульпирования существенно изменяется внешний вид зуба, который становится тусклым, «безжизненным». Кроме того, депульпированные зубы могут приобретать новый оттенок, и цвет его будет обуславливать, например, пломбировочный материал, obturiрующий корневой канал. Любой пациент может находиться в условиях освещения коротковолновым светом, поэтому следует учитывать соответствие флуоресцентных свойств девитальных зубов естественным витальным. Добиться эффекта, когда девитальный зуб в специфическом свете по цвету соответствует естественному зубу, весьма проблематично. Даже если такой зуб и флуоресцирует, это не означает, что спектр его флуоресценции будет соответствовать естественному живому зубу, т.е. будет бело-голубым, поскольку он может быть и фиолетовым, и сине-зеленым. Целью исследования было изучение интенсивности и спектрального состава флуоресцентного свечения депульпированных зубов до и после отбеливания. Объектом исследования являлись 36 депульпированных зубов, удаленных по клиническим показаниям у пациентов разного возраста. Измерение спектров флуоресцентных свойств исследуемых объектов проводили в Институте физики НАН Беларуси путем сравнительной оценки спектров флуоресценции твердых тканей депульпированных зубов у пациентов разных возрастных групп до и после отбеливания. Проведенные исследования показали, что депульпированные зубы пациентов отличаются флуоресцентными свойствами. После внутрикоронкового отбеливания депульпированных зубов их флуоресцентные свойства меняются, при этом можно выделить: группу зубов по оттенку и интенсивности флуоресцентного свечения не отличающихся от витальных зубов ($p > 0,05$); группу зубов, имеющих схожий с витальными зубами голубоватый оттенок флуоресценции, но различную интенсивность свечения ($p < 0,001$); группу зубов, с разным оттенком и интенсивностью флуоресцентного свечения по сравнению с витальными зубами ($p < 0,001$). При выборе метода эстетического восстановления цвета депульпированных зубов пациентов следует учитывать их флуоресцентные свойства. *Ключевые слова: флуоресценция, депульпированный зуб, оптические свойства.*

Abstract.

It is known that after depulcation the appearance of the tooth changes significantly, it becomes dull, «lifeless». In addition, devitalized teeth can acquire a new shade and its color, for example, will depend on the filling material, obturating the root canal. Any patient may be in the conditions of short-wave lighting, so the correspondence of

the fluorescent properties of the non-vital teeth to natural vital ones should be taken into account. To achieve the effect, when the devitalized tooth in a specific light corresponds in color to the natural tooth is very problematic. Even if such a tooth fluoresces, it does not mean that the spectrum of its fluorescence will match the natural live tooth, i.e. it will be white and blue, as it can be purple, blue and green. The aim of this study was to evaluate the intensity and spectral composition of the fluorescence emission of the devitalized teeth before and after their whitening. The object of the research was 36 devitalized human teeth removed when clinically indicated in patients at the different age. Measuring the spectra of fluorescence properties of the studied objects was carried out at the Institute of Physics of the Belarusian National Academy of Sciences by means of a comparative evaluation of the fluorescence spectra of the devitalized teeth hard tissues in patients of different age groups before and after whitening. The conducted studies have shown that patients' devitalized teeth differ in their fluorescence properties. After intracoronal whitening the devitalized teeth change their fluorescence properties, and it is possible to select: a group of teeth the shade and the fluorescence emission intensity of which do not differ from vital teeth ($p>0,05$); a group of teeth having similar to vital teeth bluish fluorescence color, but different light intensity ($p<0,001$); a group of teeth with different shade and intensity of the fluorescence emission compared to vital teeth ($p<0,001$). When choosing a method of aesthetic restoration of the devitalized teeth color in patients their fluorescence properties should be taken into account.

Key words: fluorescence, devitalized tooth, optical properties.

В ультрафиолетовом свете витальный зуб флуоресцирует нежным бело-голубым цветом [1]. Явление флуоресценции происходит в молекулах органической фракции зуба, где ультрафиолетовые лучи поглощаются с последующей трансформацией их в видимый свет. При изменении органической составляющей зуба меняется и спектр флуоресценции составляющих его молекул.

Природа флуоресценции биологических тканей объясняется возбуждением и последующим свечением в клетках белков, пиридин-нуклеотидов и эндогенных флавинопротеидов или экзогенных порфиринов под воздействием ультрафиолета. Интенсивность флуоресцентного свечения зависит от структурных свойств тканей, их метаболической активности, концентрации флуорофоров и отражает физиологическую активность тканей (обмен белков, активность дыхательных ферментов и др.). С помощью экспресс-методов возможна регистрация флуоресценции биологических тканей *in vitro* и *in vivo*, при воздействии лазера, генерирующего свет в различных спектральных диапазонах. Показано, что флуоресценция в диапазоне длин волн 330-350 нм и при зондировании коротковолновым ультрафиолетовым излучением (250-280 нм) обусловлена, главным образом, свечением белков. Флуоресценция в желто-зеленой и синей областях спектра (400- 550 нм) при возбуждении ультрафиолетом связана с наличием в клетках восстановленных пиридиннуклеидов и окисленных флавинопротеидов, принимающих

участие в таких процессах, как гликолиз, окисление и клеточное дыхание. Поэтому любые изменения клеточного метаболизма приводят к изменению их флуоресцентных свойств.

Установлено влияние микрофлоры, вызывающей кариозный процесс, на интенсивность флуоресценции патологически измененных тканей зуба [2]. Показано, что с помощью метода лазерной флуоресценции можно определять не только патологические изменения, но и степень глубины деструкции ткани, что нашло свое применение и в пародонтологии для неинвазивной диагностики пародонтита. Выявлено соотношение интенсивности флуоресценции здоровых и поврежденных участков зуба, а также над- и поддесневых зубных отложений [3].

Флуоресцентные свойства объекта – это спектры испускания, которые выражают зависимость интенсивности флуоресценции от длины волны при фиксированной длине волны возбуждающего света. Спектры испускания флуоресценции варьируют в зависимости от химической структуры флуорофора. Соответственно, дентин флуоресцирует значительно сильнее эмали. Депульпированные зубы флуоресцируют темно-фиолетовым светом или теряют такую способность, а «тетрациклиновые» зубы - желто-зеленым светом.

Известно, что после депульпирования существенно изменяется внешний вид зуба, который становится тусклым, «безжизненным». Благодаря обильному кровоснабжению, оказывающему влияние на состояние тканей зуба,

пульпа в норме имеет розовый цвет. Избыточное расслабление сосудов в результате воспалительного процесса приводит к повреждению клеток эндотелия, нарушению проницаемости, изменению осмотического давления и отеку тканей. Длительно протекающий сосудистый стаз, как известно, может привести к гибели пульпы, что влечет за собой изменение цвета зуба вследствие повреждения пульпы либо окрашивания твердых тканей пигментами крови. Кроме того, депульпированные зубы могут приобретать новый оттенок, и цвет его будет обуславливать, например, пломбировочный материал, obtурирующий корневой канал. Исследования McCaslin по отбеливанию депульпированных зубов с изменением цвета показали, что изменение цвета происходит главным образом в дентине [4].

В настоящее время стоматологи располагают различными средствами изменения цвета депульпированного зуба, в частности отбеливанием. Перекись водорода действует как сильный окислитель путем образования свободных радикалов, реактивных молекул кислорода и анионов перекиси водорода. Последние ослабляют или расщепляют двойные связи молекул красителей. Небольшого размера молекулы поглощают меньше света и кажутся светлее. Молекулы красителей в основном являются органическими, хотя и неорганические молекулы также вступают в реакции.

Любой пациент может находиться в условиях освещения коротковолновым светом, поэтому следует учитывать соответствие флуоресцентных свойств депульпированных зубов естественным витальным. Депульпированные зубы при освещении, используемом, например, на дискотеках, выглядят коричневыми. Добиться эффекта, когда девитальный зуб в специфическом свете по цвету соответствует естественному зубу весьма проблематично. Даже если такой зуб и флуоресцирует, это не означает, что спектр его флуоресценции будет соответствовать естественному живому зубу, т.е. будет бело-голубым, поскольку он может быть и фиолетовым, и сине-зеленым.

На сегодняшний день изучены спектры флуоресценции эмали и дентина пациентов разных возрастных групп, установлено, что интенсивность флуоресценции дентина в три раза выше, чем эмали [5]. Проведена срав-

нительная оценка спектров флуоресценции твердых тканей зуба у пациентов разных возрастных групп, а также наиболее распространенных пломбировочных материалов [6, 7]. Однако, остается нерешенным и требующим изучения вопрос флуоресценции твердых тканей депульпированных зубов и изменения их спектров флуоресценции после отбеливания.

Цель исследования – изучение интенсивности и спектрального состава флуоресцентного свечения депульпированных зубов до и после отбеливания.

Материал и методы

Объектом исследования являлись 36 депульпированных зубов, удаленных по клиническим показаниям у пациентов разного возраста. Спектры испускания изучали до и после проведения внутрикоронкового отбеливания зубов.

Измерение спектров флуоресцентных свойств исследуемых объектов проводили в Институте физики НАН Беларуси на автоматизированном спектрофлуориметре СДЛ-2, состоящем из монохроматора возбуждения МДР-12 и монохроматора регистрации МДР-23. В качестве источника возбуждения использовали ксеноновую лампу ДКсШ-120. Регистрацию светового сигнала после прохождения монохроматора осуществляли с помощью охлаждаемого фотоумножителя ФЭУ-100 (диапазон 230-800 нм) в режиме счета фотонов. Коррекция регистрирующей системы «монохроматор МДР-23 – ФЭУ».

Результаты и обсуждение

С целью изучения оптических свойств, формирующих цвет зуба, была проведена сравнительная оценка спектров флуоресценции твердых тканей депульпированных зубов у пациентов разных возрастных групп до и после отбеливания.

В таблице 1 приведены значения выборочных средних спектров флуоресценции депульпированных зубов пациентов разного возраста для различных значений длин волн (λ), и значения статистических ошибок этих средних ($M \pm m$). Объем выборки, для которой вычислены приведенные в таблице показатели, равен $n=12$.

Таблица 1 – Выборочные средние спектров флуоресценции депульпированных зубов пациентов до и после отбеливания

Образец	Интенсивность флуоресценции твердых тканей зуба (отн. ед.) в зависимости от длины волны, нм ($M \pm m$)					
	450	500	550	600	650	700
До отбеливания, 1-ая группа	3939 \pm 204,9	3723 \pm 141,8	3304 \pm 116,3	1553 \pm 22,2	1014 \pm 18,1	826 \pm 7,2
До отбеливания, 2-ая группа	1438 \pm 444,3	2306 \pm 380,9	2731 \pm 188,6	1669 \pm 158,4	1069 \pm 30,9	593 \pm 23,9
До отбеливания, 3-я группа	651 \pm 14,5	1198 \pm 148,5	913 \pm 60,8	789 \pm 15,9	613 \pm 15,3	302 \pm 13,2
После отбеливания, 1-ая группа	4514 \pm 98,2	4094 \pm 125,9	3517 \pm 35,4	1572 \pm 21,1	1026 \pm 17,9	534 \pm 7,2
После отбеливания, 2-ая группа	2413 \pm 383,2	2306 \pm 380,9	2044 \pm 255,8	1419 \pm 167,2	1056 \pm 31,2	593 \pm 23,9
После отбеливания, 3-ая группа	651 \pm 14,5	1017 \pm 93,8	913 \pm 60,8	789 \pm 15,9	613 \pm 15,3	302 \pm 13,2

Как видно из приведенных данных, среди депульпированных зубов можно выделить три группы в зависимости от интенсивности флуоресценции: сильно, средне и слабо флуоресцирующие. При этом пик интенсивности флуоресценции зубов в группе I соответствует 450 нм (голубой оттенок свечения). Сравнительный анализ спектров флуоресценции депульпированных зубов из группы I и естественных витальных зубов показал, что наибольшие средние значения интенсивности флуоресценции девитальных зубов из группы I сопоставимы с аналогичными значениями, полученными ранее для интактных витальных зубов ($p > 0,05$) [6, 7]. Это свидетельствует о том, что депульпированные зубы группы I имеют оттенок и интенсивность флуоресценции, аналогичные естественным витальным зубам, и в процедуре коррекции оттенка не нуждаются.

Средние значения коэффициента испускания от поверхности депульпированных зубов, выделенных в группу II, достигают наибольшего значения 2731 \pm 188,6 отн. ед. при длине волны 550 нм, что соответствует зеленому цвету свечения. Интенсивность флуоресцентного свечения по сравнению с витальными зубами у них снижена (различия статистически значимы по критерию Краскала-

Уоллиса, $p < 0,001$).

На рисунке 1 изображены кривые, отражающие средние значения спектров флуоресценции депульпированных зубов до отбеливания при различной длине волны.

В выделенной нами группе III максимальные средние значения флуоресценции от поверхности депульпированных зубов до отбеливания - 1198 \pm 148,5 отн.ед. ($M \pm m$) наблюдается при длине волны около 500 нм. Для естественных витальных зубов пик интенсивности флуоресцентной активности зафиксирован при длине волны 450 нм, при среднем значении - 5230 \pm 150,2 отн. ед. При сравнении показателей флуоресценции депульпированных зубов из группы III показано, что они ниже в 4,4 раза, чем у витальных зубов (различия статистически значимы по критерию Краскала-Уоллиса, $p < 0,001$).

Таким образом, в проведении процедуры отбеливания нуждались зубы групп II и III, так как оттенок их флуоресцентного свечения не совпадал с естественными живыми зубами и интенсивность флуоресценции была ниже. Такие зубы при коротковолновом освещении выглядят зеленовато-коричневыми и темными.

После проведенного внутрикоронкового отбеливания исследование флуоресцентной

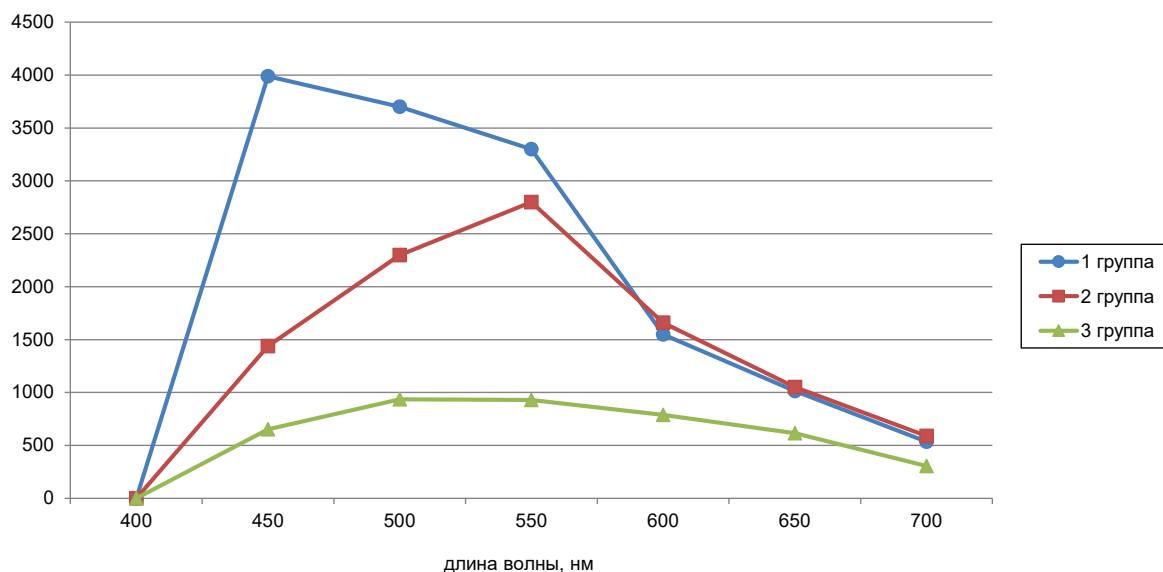


Рисунок 1 – Интенсивность флуоресценции депульпированных зубов до отбеливания:
1, 2, 3 - группы депульпированных зубов до отбеливания.

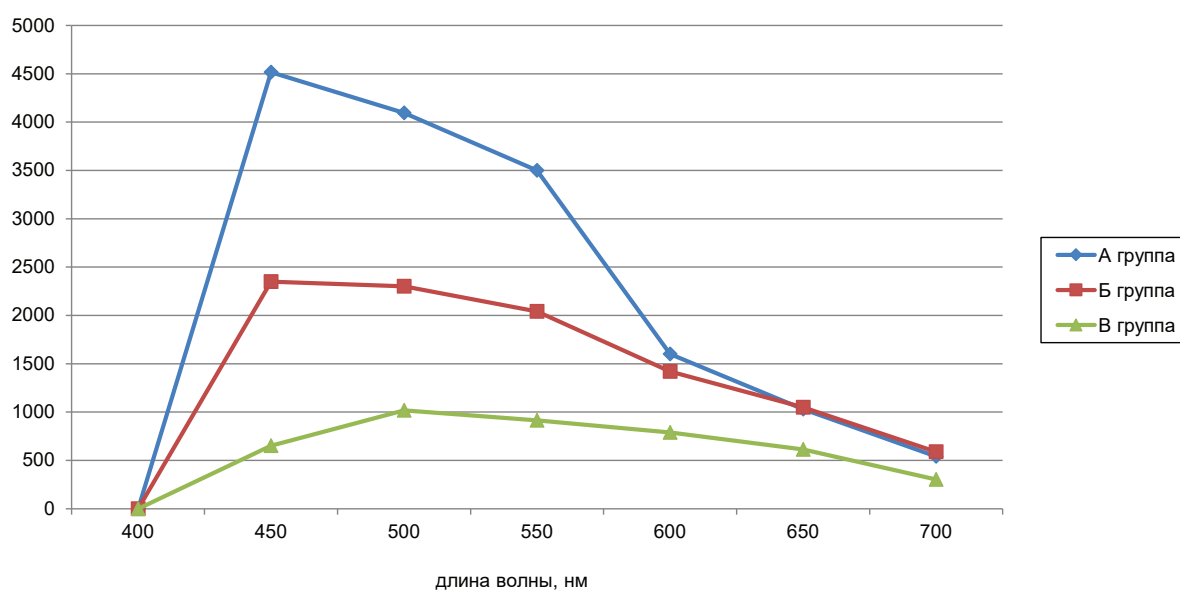


Рисунок 2 – Интенсивность флуоресценции депульпированных зубов после отбеливания:
А, Б, В - группы депульпированных зубов после отбеливания.

активности депульпированных зубов групп II и III показало, что часть зубов приобрела новые оптические свойства – пики их максимального флуоресцентного свечения сдвинулись и располагаются на длине волны – 450 нм, соответствующих голубому оттенку флуоресценции, интенсивность свечения также увеличилась.

Однако у части зубов после проведенного отбеливания показатели флуоресцентного свечения статистически значимо не изменились.

Анализ полученных после отбеливания данных позволил выделить три группы зубов в зависимости от спектрального состава и интенсивности флуоресценции.

На рисунке 2 изображены кривые, отражающие средние значения спектров флуоресценции депульпированных зубов после отбеливания при различной длине волны.

В группе А максимальные средние выборочные значения интенсивности свечения соответствуют $4514 \pm 98,2$ отн. ед., при длине вол-

ны 450 нм, что сопоставимо с флуоресценцией витальных зубов (различия статистически не значимы по критерию Краскала-Уоллиса, $p > 0,05$).

Сравнительный анализ интенсивности флуоресценции депульпированных зубов Группы Б показал, что наибольшие значения их спектров флуоресцентного свечения намного меньше, чем у интактных витальных зубов и соответствуют $2413 \pm 383,2$ при длине волны 450 нм. (различия статистически значимы по критерию Краскала-Уоллиса, $H_{\phi} = 37,8$, $df = 34$, $p < 0,001$).

Исследование флуоресцентной активности зубов группы В показало, что средняя величина интенсивности их флуоресценции на 4270 отн. ед. ниже, чем у естественных витальных зубов при длине волны 450 нм (различия статистически значимы по критерию Краскала-Уоллиса, $H_{\phi} = 75,3$, $df = 2$, $p < 0,001$).

Такие разные значения интенсивности флуоресценции депульпированных зубов после отбеливания могут быть связаны с разной степенью отбеливания (разрушения пигментов) в твердых тканях депульпированных зубов. Часть зубов (группа А) «поддалась» отбеливанию, показатели флуоресцентного свечения по оттенку и интенсивности у зубов этой группы максимально приблизились к показателем натуральных витальных зубов. У второй группы (группа Б) пигмент разрушился частично, оттенок флуоресцентного свечения стал естественным – голубым, однако интенсивность флуоресценции осталась намного ниже, чем у естественных зубов. Исследование оптических свойств депульпированных зубов группы В показало, что их спектры флуоресцентного свечения практически не изменились после проведенного отбеливания. Эти зубы остались темно-коричневыми при освещении их коротковолновым светом.

Заключение

Таким образом, анализ полученных данных свидетельствует о том, что депульпированные зубы пациентов отличаются флуоресцентными свойствами. По интенсивности

флуоресцентного свечения их можно разделить на сильно, средне и слабо флуоресцирующие; по оттенку флуоресцентного свечения – голубой, зеленый и коричневый. Следовательно, часть депульпированных зубов не нуждается в коррекции флуоресцентных свойств, остальным же показано эстетическое лечение.

После внутрикоронкового отбеливания депульпированных зубов их флуоресцентные свойства меняются, при этом можно выделить: группу зубов, по оттенку и интенсивности флуоресцентного свечения не отличающихся от витальных зубов ($p > 0,05$); группу зубов, имеющих схожий с витальными зубами голубоватый оттенок флуоресценции, но различную интенсивность свечения ($p < 0,001$); группу зубов с разным оттенком и интенсивностью флуоресцентного свечения по сравнению с витальными зубами ($p < 0,001$). При выборе метода эстетического восстановления цвета депульпированных зубов пациентов следует учитывать их флуоресцентные свойства.

Литература

1. Радлинский, С. Свойство флуоресценции реставрированного зуба / С. Радлинский // *Маэстро стоматологии*. – 2008. – № 3. – С. 45–49.
2. In situ and in vitro comparison of laser fluorescence with visual inspection in detecting occlusal caries lesions / A. B. de Paula [et al.] // *Lasers Med. Sci.* – 2011 Jan. – Vol. 26, N 1. – P. 1–5.
3. Гончуков, С. А. Оптимизация спектроскопических параметров флуоресцентной диагностики пародонтита / С. А. Гончуков, А. В. Сухина // *Научная сессия НИЯУ МИФИ-2010*. – Москва, 2010. – Т. 1. – С. 224–227.
4. Assessing dentin colour changes from night guard vital bleaching / A. J. McCaslin [et al.] // *J. Am. Dent. Assoc.* – 1999 Oct. – Vol. 130, N 10. – P. 1485–1490.
5. Изучение интенсивности флуоресценции интактных и патологически измененных тканей зуба / М. Т. Александров [и др.] // *Новое в стоматологии*. – 2000. – № 1. – С. 26–32.
6. Новак, Н. В. Эстетическое восстановление постоянных зубов с дефектами твердых тканей : автореф. дис. ... д-ра мед. наук : 14.01.14 / Н. В. Новак ; Бел. мед. акад. последиплом. образования. – Минск, 2012. – 44 с.
7. Lutskeya, I. K. Fluorescence of dental hard tissue and restorative materials / I. K. Lutskeya, N. V. Novak, V. P. Kavetsky // *International Dentistry. African edition*. – 2012. – Vol. 2, N 5. – P. 76–84.

Поступила 24.05.2016 г.

Принята в печать 05.08.2016 г.

References

1. Radlinskiy S. Svoistvo fluorestsentsii restavrirovannogo zuba [Property of fluorescence of restored tooth]. *Maestro Stomatologii*. 2008;(3):45-9.
2. de Paula AB, Campos JA, Diniz MB, Hebling J, Rodrigues JA. In situ and in vitro comparison of laser fluorescence with visual inspection in detecting occlusal caries lesions. *Lasers Med Sci*. 2011 Jan;26(1):1-5.
3. Gonchukov SA, Sukhinina AV. Optimizatsiia spektroskopicheskikh parametrov fluorestsentnoi diagnostiki parodontita [Optimization of spectroscopic parameters of fluorescent diagnostics of a periodontal disease]. V: Nauchnaia sessiia NIIaU MIFI-2010. Moscow, RF; 2010. T 1. P. 224-7.
4. McCaslin AJ, Haywood VB, Potter BJ, Dickinson GL, Russell CM. Assessing dentin colour changes from night guard vital bleaching. *J Am Dent Assoc*. 1999 Oct;130(10):1485-90.
5. Aleksandrov MT, Grudyanov AI, Masyshev VI, Frolova OA, Zaytseva EV, Moskalev KE. Izuchenie intensivnosti fluorestsentsii intaktnykh i patologicheskii izmenennykh tkanei zuba [Studying of intensity of fluorescence intact and pathologically the changed tooth tissues]. *Novoe v Stomatologii*. 2000;(1):26-32.
6. Novak NV; Bel Med Akad Poslediplom Obrazovaniia. Esteticheskoe vosstanovlenie postoiannykh zubov s defektami tverdykh tkanei [Esthetic restoration of second teeth with defects of firm tissues]: avtoref dis ... d-ra med nauk: 14.01.14. Minsk, RB; 2012. 44 p.
7. Lutsкая IK, Novak NV, Kavetsky VP. Fluorescence of dental hard tissue and restorative materials. *International Dentistry African Edition*. 2012;2(5):76-84.

Submitted 24.05.2016

Accepted 05.08.2016

Сведения об авторах:

Байтус Н.А. – врач-стоматолог-терапевт стоматологического кабинета клиники УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»;

Новак Н.В. – д.м.н., доцент кафедры терапевтической стоматологии ГУО «Белорусская медицинская академия последипломного образования».

Information about authors:

Baitus N.A. – restorative stomatologist, Clinic of Educational Establishment «Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University»;

Novak N.V. – Doctor of Medical Sciences, associate professor of the Chair of Restorative Dentistry, State Educational Establishment «Belarusian Medical Academy of Post-Graduate Education».

Адрес для корреспонденции: Республика Беларусь, 210029, г. Витебск, ул. Правды, д.66, к.1, кв.143. E-mail: nina.belarus@mail.ru – Байтус Нина Александровна.

Correspondence address: Republic of Belarus, 210029, Vitebsk, 66-1 Pravdy str., 143. E-mail: nina.belarus@mail.ru – Baitus Nina A.