

[O.A. Марсумова](#),

ассистент кафедры терапевтической стоматологии

СамГМУ, 443001, Самара, Россия

## Оценка изменений кислотоустойчивости и минерального состава эмали при химическом отбеливании зубов

**Реферат.** Изменения, происходящие в эмали зубов после процедуры офисного отбеливания, могут приводить к появлению признаков очаговой деминерализации эмали. Эти признаки можно устранить с помощью различных реминерализующих средств. Вопрос изменения состава и резистентности эмали после проведения процедуры медицинского отбеливания зубов актуален и малоизучен. **Цель исследования** — оценка влияния химического отбеливания зубов на кислотоустойчивость и минеральный состав эмали. **Материалы и методы.** В исследовании принял участие 81 пациент от 22 до 35 лет с цветом зубов A2 и темнее по шкале Vita Classic. Под наблюдением находились пациенты с санированной полостью рта, без общей соматической патологии. В зависимости от методики проведения медицинского отбеливания зубов пациенты были разделены на 2 группы: химическое отбеливание зубов и модифицированная методика офисного отбеливания зубов. Для оценки резистентности эмали зубов использовали тест эмалевого резистентности до процедуры, через 5—8, 14 и 30 дней и 6 месяцев после нее. Исследование спектров, полученных с использованием спектроскопии комбинационного рассеяния, было проведено до, после, через 2 недели и через 1 месяц после процедуры офисного отбеливания зубов. **Результаты.** На следующий день после проведения процедуры выявляется повышение показателей данного теста до  $8,21 \pm 0,09$  и  $6,42 \pm 0,05$  ( $p \leq 0,05$ ), что соответствует очень низкой и низкой кариесрезистентности эмали. По нашему мнению, это связано с влиянием высококонцентрированных перекисных соединений на эмаль зуба. Через 5—8 дней значения показателя снизились ( $p \leq 0,05$ ) и были равны  $4,53 \pm 0,07$  в I группе и  $3,15 \pm 0,07$  во II группе — умеренная кариесрезистентность. Через 14 дней показатель эмалевого резистентности

оставался умеренным у пациентов I группы —  $4,20 \pm 0,06$ , а у пациентов II группы он соответствовал высокой кариесрезистентности —  $1,59 \pm 0,05$  ( $p \leq 0,05$ ). У пациентов I группы через месяц показателя снизились до  $1,61 \pm 0,07$  ( $p \leq 0,05$ ). Изменения спектров эмали на различных сроках наблюдения после офисного отбеливания зубов статистически не значимы. Проведение данной процедуры не приводит к дальнейшим структурным изменениям эмали зубов в ближайшие и отдаленные сроки наблюдения. **Заключение.** Таким образом, данные теста эмалевого резистентности у пациентов I группы вернулись к исходным показателям через месяц, а у пациентов II группы через 2 недели, что, на наш взгляд, обусловлено проведением пациентам 14-дневного курса реминерализующей терапии сразу после процедуры медицинского отбеливания зубов. Спектральные изменения были незначительными. Полученные данные свидетельствуют о безопасности проведения данной процедуры в кабинете врача-стоматолога при ее правильном выполнении с использованием сертифицированных систем.

**Ключевые слова:** медицинское отбеливание зубов, резистентность эмали, тест эмалевого резистентности, химическое отбеливание зубов, дисколорит, рамановская спектроскопия

### ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Марсумова О.А. Оценка изменений кислотоустойчивости и минерального состава эмали при химическом отбеливании зубов. — *Клиническая стоматология*. — 2022; 25 (1): 13—19. DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_1\_13

[O.A. Magsumova](#),

assistant at the Therapeutic dentistry Department

Samara State Medical University, 443001, Samara, Russia

## Evaluation of changes in enamel acid resistance and mineral composition during chemical teeth whitening

**Abstract.** Changes that occur in the enamel of the teeth after the office whitening procedure can lead to the appearance of signs of focal demineralization, which can be eliminated with the help of various remineralizing agents. However, the issue of changes in the composition and resistance of enamel after the procedure of medical teeth whitening is relevant and understudied. **The aim of the study** was to evaluate the effect of chemical teeth whitening on the acid resistance and mineral composition of tooth enamel. **Materials and methods.** The study involved 81 patients aged 22 to 35 years with tooth color A2 and darker according to the Vita Classic scale. Patients with a healthy oral cavity and without general somatic pathology were under observation. Depending on the method of medical teeth whitening, the patients were divided into 2 groups. To assess the resistance of tooth enamel, an enamel resistance test was used before the procedure, after 5—8, 14 and 30 days and 6 months after it. The study of the spectra obtained

using the Raman spectroscopy method was carried out at the following observation periods: before, immediately after, 2 weeks and 1 month after the office teeth whitening procedure. **Results.** The next day after the procedure, an increase in the indicators of this test to  $8.21 \pm 0.09$  and  $6.42 \pm 0.05$  ( $p \leq 0.05$ ) is revealed, which corresponds to a very low and low enamel caries resistance, which, in our opinion, is associated with the effect of highly concentrated peroxide compounds on tooth enamel. After 5—8 days, the values of the indicator decreased ( $p \leq 0.05$ ) and were equal to  $4.53 \pm 0.07$  in the I group and  $3.15 \pm 0.07$  in the II group — moderate caries resistance. After 14 days, the enamel resistance index remained moderate in patients of the I group  $4.20 \pm 0.06$ , and in the II group it matched to high caries resistance —  $1.59 \pm 0.05$  ( $p \leq 0.05$ ). In patients of the I group, the values of the indicator after a month decreased to  $1.61 \pm 0.07$  ( $p \leq 0.05$ ). Changes in the spectra of enamel at different periods of observation after the office teeth whitening procedure are

DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_1\_14

not statistically significant. Carrying out this procedure does not lead to further structural changes in the enamel of the teeth in the immediate and long-term periods of observation. **Conclusion.** Thus, the data of the enamel resistance test in patients of the I group returned to baseline after a month, and in patients of the II group after 2 weeks, which, in our opinion, is due to the 14-day course of remineralizing therapy for patients immediately after the medical teeth whitening procedure. The spectral changes were insignificant. The data obtained indicates the safety of this procedure in the dentist's office if it is performed correctly using certified systems.

## ВВЕДЕНИЕ

В современной эстетической стоматологии приоритетным направлением является поиск высокоэффективных методов диагностики и лечения пациентов с изменением цвета зубов, обозначаемым в литературе термином «дисколорит». Дисколорит может возникать вследствие различных причин внутреннего и внешнего характера и, по данным метаанализа, его распространенность достигает 96% [1].

Решить проблему измененных в цвете зубов можно без использования инвазивных методик, что позволяет избежать препарирования твердых тканей зубов и, как следствие, уменьшить число пациентов, которые испытывают страх на приеме у врача-стоматолога [2–6]. Одной из наиболее востребованных методик лечения данной патологии является процедура медицинского отбеливания [7, 8].

В настоящее время традиционные методы диагностики уходят на второй план, уступая главенствующее место современным технологиям, которые позволяют оценивать процессы на молекулярном уровне [9]. Анализ литературы показал, что отбеливание зубов способно вызывать развитие их чувствительности, изменение биохимического состава ротовой жидкости, а также оказывать воздействие на структурную организацию твердых тканей зубов [10–13].

По данным различных авторов, применение офисных отбеливающих систем способно приводить к выходу минеральных компонентов из структуры эмали зубов и, как следствие, к изменению структурной организации эмали, возникновению признаков ее очаговой деминерализации, проявляющихся в виде меловидных пятен, которые при зондировании имеют шероховатую поверхность и могут быть устранены с помощью различных реминерализующих средств [14–17]. Исследование З.А. Бичикаевой показало, что воздействие отбеливающих агентов с высоким содержанием перекиси водорода приводит к выявлению в эмали очагов деструкции и углублений, а также к оголению участков эмалевых призм. Использование препарата на основе аморфного фосфата кальция способствует нормализации структуры эмали зубов [18].

Учитывая неоднозначность полученных ранее данных клинико-экспериментальных исследований о безопасности процедуры, вопрос изменения структуры

**Key words:** medical teeth whitening, enamel resistance, enamel resistance test, discoloration, Raman spectroscopy

## FOR CITATION:

Magsumova O.A. Evaluation of changes in enamel acid resistance and mineral composition during chemical teeth whitening. *Clinical Dentistry (Russia)*. 2022; 25 (1): 13–19 (In Russ.). DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_1\_13

и резистентности эмали после проведения медицинского отбеливания зубов актуален и малоизучен [19–25].

**Цель работы** — оценка влияния химического отбеливания зубов на кислотоустойчивость и минеральный состав эмали.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в 2019–2021 гг. на базе кафедры терапевтической стоматологии СамГМУ и стоматологической клиники «Центр качественных технологий — Дент» (Самара), одобрено этическим комитетом СамГМУ (протокол № 213 от 09.12.2020).

В работе принял участие 81 пациент от 22 до 35 лет с цветом зубов А2 и темнее по шкале Vita Classic. Под наблюдением находились пациенты с санированной полостью рта, без общей соматической патологии. За 2 недели до проведения химического отбеливания зубов всем пациентам выполнена профессиональная гигиена полости рта с использованием ультразвукового аппарата, системы Air Flow с последующей обработкой нейлоновой щеткой с пастой.

Перед процедурой медицинского отбеливания зубов каждый пациент подписывал письменное добровольное информированное согласие на участие в данном исследовании и согласие на обработку персональных данных.

Критерии невключения в данное исследование: наличие у пациента повышенной чувствительности зубов II–III степени тяжести, заболеваний пародонта в стадии суб- или декомпенсации, множественного кариеса, неудовлетворительного уровня гигиены полости рта или его нахождение на ортодонтическом лечении.

Критерии исключения: отказ пациента от участия в исследовании, наличие хронических заболеваний в стадии обострения, аллергические реакции на компоненты отбеливающей системы или несовпадение по одному из критериев включения.

В зависимости от метода проведения медицинского отбеливания зубов все пациенты были разделены на 2 группы:

- I — 40 пациентов, которым проведено химическое отбеливание зубов гелем с перекисью водорода, без применения дополнительных источников активации перекиси.
- II — 41 пациент отобранный разработанной авторами компьютерной программой по ведению пациентов

### с дисколоритом зубов для облегчения диагностики и выбора метода лечения.

Пациентам II группы также проведено отбеливание зубов с применением перекиси водорода по схеме:

- нанесение геля с нитратом калия (5%) и аморфным фосфатом кальция (Relief ACP) на 10 минут до отбеливания и после него;
- использование разработанного авторами ретрактора для защиты мягких тканей полости рта (патент № 204893, действ. с 30.11.2020, и патент № 202694, действ. с 30.11.2020);
- изоляция рабочего поля ватными валиками;
- нанесение на поверхность десневого края разработанного авторами аэрозоля и жидкого коффердама;
- трехкратная экспозиция отбеливающего геля на вестибулярную поверхность зубов на 20 минут с последующим снятием специальным инструментом для аспирации отбеливающего агента;
- 14-дневный курс реминерализующей терапии препаратом на основе тетрагидроксикупрата кальция ( $\text{Ca}[\text{Cu}(\text{OH})_4]$ , купрал).

Для оценки резистентности эмали зубов использовали тест эмалевой резистентности. Измерение данных показателей производили до и на следующий день после процедуры медицинского отбеливания зубов, а также через 5–8, 14, 30 дней и 6 месяцев после нее.

Показатель резистентности эмали оценивают с использованием теста, который был предложен В.Р. Окушко в 1983 г. Первым этапом проводили очищение вестибулярной поверхности зуба 1.1 и нанесение капли 1-нормального раствора соляной кислоты с его последующим удалением спустя 5 секунд сухим ватным шариком. Затем на поверхность зуба наносили каплю 2% раствора метиленового синего в течение 5 секунд. После удаления красителя интерпретировали окрашивание эмали зубов по 10-балльной шкале оттенков синего (Аксамит Л.А., 1979):

- 1–3 балла — высокая кариесрезистентность эмали зубов;
- 4–5 баллов — умеренная кариесрезистентность эмали зубов;
- 6–7 баллов — низкая кариесрезистентность эмали зубов;
- 8–9 баллов — очень низкая кариесрезистентность эмали зубов.

Для оценки изменений структуры эмали после проведения процедуры отбеливания зубов использовали метод рамановской спектроскопии. Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР) активно используется для качественной оценки состояния твердых тканей зубов. В процессе анализа рамановская спектроскопия отмечает молекулярные и ионные колебания неорганических соединений эмали зубов: фосфат-, карбонат- и гидрофосфат-ионы, — а также множественное варьирование органического компонента в виде белковых включений. Кроме исследования минерального состава твердых тканей зубов, спектроскопия КР способна дать детальное описание морфологии микрорельефа поверхности

зубов, пораженных кариозным процессом или имеющих патологическую стираемость с дальнейшей оценкой уровня минерализации каждой исследуемой области при 50-кратном увеличении [26–28].

Мы использовали экспериментальный стенд (рис. 1), включающий рамановский пробник RPB-785 (фокусное расстояние — 7,5 мм), совмещенный с лазерным модулем LuxxMaster LML-785.0RB-04 (мощность — до 500 мВт, длина волны —  $784,7 \pm 0,05$  нм) и высокоразрешающий цифровой спектрометр Shamrock SR-303i со встроенной охлаждаемой камерой DV420A-OE (спектральный диапазон 200–1200 нм) [29].

Исследование спектров, полученных с использованием спектроскопии комбинационного рассеяния, было проведено *in vivo* до, после, через 2 недели и через 1 месяц после процедуры офисного отбеливания зубов.

Использование спектрографа обеспечивало разрешение 0,15 нм по длине волны при низком уровне собственных шумов. Мощность излучения лазера 400 мВт в пределах используемого времени экспозиции (30 секунд) не вызывает изменений образцов. Спектры КР регистрировали с использованием оптического зонда, который находился над объектом на расстоянии 7 мм. В данной работе анализ КР-спектров проводился в диапазоне  $380–1780 \text{ см}^{-1}$ .

При статистическом анализе данных применяли сравнительную оценку количественных показателей в независимых группах с помощью рангового дисперсионного анализа Краскела–Уоллиса (PK–W) с дальнейшим межгрупповыми сравнениями по *U*-критерию Манна–Уитни с поправкой Бонферрони, сравнение

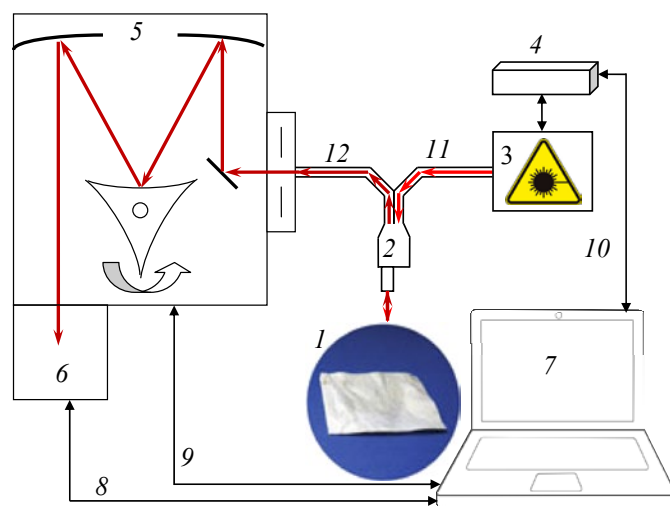


Рис. 1. Макет экспериментального стенда: 1 — объект; 2 — КР-пробник RPB785; 3 — лазерный модуль LuxxMaster RamanBoxx; 4 — источник питания лазерного модуля; 5 — спектрометр Shamrock SR-303i; 6 — встроенная охлаждаемая камера DV420A-OE; 7 — компьютер; 8–10 — информационные электрические кабели; 11 — передающее оптоволокно; 12 — приемное оптоволокно

[Fig. 1. Layout of the experimental stand: 1 — object; 2 — combined scattering probe RPB785; 3 — laser module LuxxMaster RamanBoxx; 4 — laser module power supply; 5 — Shamrock SR-303i spectrometer; 6 — built-in cooled chamber DV420A-OE; 7 — computer; 8–10 — information electrical cables; 11 — transmitting optical fiber; 12 — receiving fiber]

DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_1\_16

**Таблица 1. Изменения показателя резистентности эмали**  
**[Table 1. Changes in the TER test]**

Дата измерения	I группа	II группа	PK—W
До процедуры	1,54±0,06	1,56±0,07	0,843
На следующий день после процедуры	8,21±0,09	6,42±0,05	<0,001
Через 5—8 дней после процедуры	4,53±0,07	3,15±0,07	0,868
Через 14 дней	4,20±0,06	1,59±0,05	1,000
Через 1 месяц	1,61±0,07	1,57±0,08	1,000
Через 6 месяцев	1,55±0,06	1,59±0,05	1,000
P1—2*	<0,001	<0,001	
P2—3*	<0,001	<0,001	
P3—4*	<0,001	<0,001	
P4—5*	<0,001	0,947	
P5—6*	1,000	1,000	
P1—6*	1,000	1,000	

\*P1—2, 2—3, 3—4, 4—5, 5—6, 1—6 — значение вероятности в динамике наблюдения.

результатов в динамике наблюдения с применением парного критерия Уилкоксона. Сопоставление признаков, измерение которых проводили в порядковой шкале, осуществляли с использованием анализа таблиц сопряженности с вычислением  $\chi^2$ -критерия Пирсона. Исследование взаимосвязей выполняли с помощью корреляционного анализа Спирмена.

В табл. 1 приведены усредненные показатели теста эмалевой резистентности у пациентов I и II групп в различные сроки наблюдения. Анализ показателей резистентности эмали до химического отбеливания зубов показывает, что его значения в I группе равны 1,54±0,06, во II — 1,56±0,07. Это соответствует высокому уровню резистентности эмали зубов.

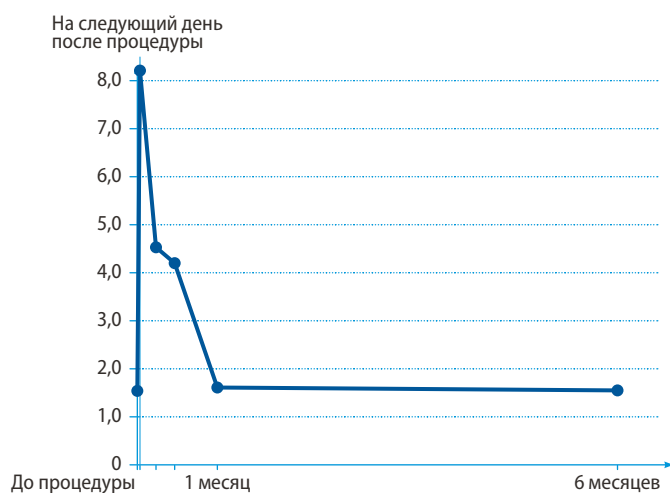
Как нами было ранее показано, при использовании различных офисных систем для отбеливания зубов происходит уменьшение кислотоустойчивости эмали зубов, что характеризуется отрицательной динамикой исследуемых показателей [9].

Из рис. 2 следует, что на следующий день после проведения процедуры выявлялось повышение показателей резистентности эмали до 8,21±0,09 ( $p \leq 0,05$ ), что соответствует очень низкой кариесрезистентности. Через 5—8 дней значения показателя снизились ( $p \leq 0,05$ ) и были равны 4,53±0,07 — умеренная кариесрезистентность. Через 14 дней показатель эмалевой резистентности оставался умеренным у пациентов данной группы и был равен 4,20±0,06 ( $p \leq 0,05$ ), а через месяц вернулся к исходным значениям — 1,61±0,07 ( $p \leq 0,05$ ), через 6 месяцев увеличения показателя не наблюдалось.

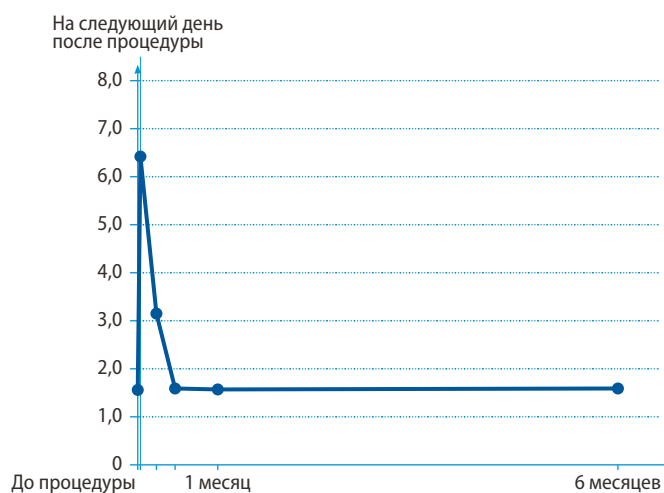
На рис. 3 показано, что у пациентов II группы на следующий день после отбеливания по модифицированной методике значения показателя соответствовали уровню низкой резистентности эмали зубов — 6,42±0,05 ( $p \leq 0,05$ ). Спустя 5—8 дней показатель ТЭР-теста снизился до 3,15±0,07 ( $p \leq 0,05$ ) — умеренная кариесрезистентность, а через 14 дней он соответствовал уровню высокой кариесрезистентности ( $p \leq 0,05$ ) — 1,59±0,05. Спустя 1 и 6 месяцев значения индекса во II группе не повысились.

Сравнение независимых групп с использованием критерия Краскела—Уоллиса выявило достоверно значимые различия между группами на следующий день после проведения медицинского отбеливания зубов ( $p \leq 0,001$ ).

На рис. 4 КР-спектры имеют ярко выраженные спектральные различия между спектрами пациентов I и II группы после отбеливания зубов. Основные различия выражены на линиях гидроксипатита: ~432 ( $\text{PO}_4^{3-}$  ( $\nu_2$ ) (P—O symmetric stretch) (phosphate



**Рис. 2. Изменение показателя резистентности у пациентов I группы после процедуры отбеливания**  
**[Fig. 2. Change in the resistance index in group 1 patients after the bleaching procedure]**



**Рис. 3. Изменение показателя резистентности у пациентов II группы**  
**[Fig. 3. Change in the resistance index in group 2 patients after the bleaching procedure]**

of HA)), 584–593 ( $\text{PO}_4^{3-}$  ( $\nu_4$ ) (P–O symmetric stretch)), 955–961 ( $\text{PO}_4^{3-}$  ( $\nu_1$ ) (P–O symmetric stretch)),  $\sim 1045$  ( $\text{PO}_4^{3-}$  ( $\nu_3$ ) (P–O asymmetric stretch)) и  $\sim 1075 \text{ cm}^{-1}$  ( $\text{CO}_3^{2-}$  ( $\nu_1$ ) B-type substitution (C–O in-plane stretch)).

Среднее значение скорректированного коэффициента детерминации спектра от исходного в области  $380\text{--}1780 \text{ cm}^{-1}$  для всех спектров составило  $\text{adj}R^2=0,995$ . Процент правильно классифицированных измерений при анализе тестовой выборки составил 91%. Рассчитанная точность и специфичность метода — 90 и 89% соответственно.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Показатель эмалевой резистентности позволяет провести анализ воздействия перекисных соединений, реминерализующих средств на структурную организацию эмали зубов при проведении процедуры химического отбеливания. По результатам сравнительной оценки теста эмалевой резистентности на следующий день после химического отбеливания зубов у всех пациентов значения данного показателя увеличиваются, что свидетельствует о снижении резистентности эмали, а это, по нашему мнению, связано с влиянием высококонцентрированных перекисных соединений на эмаль зуба. Перекись водорода является сильным окислителем, что обуславливает высвобождение в процессе отбеливания зубов свободных радикалов, которые проникают через эмаль в дентин зуба, где происходит их взаимодействие с молекулой пигмента хромогена. При этом нарушается структурная организация эмалевых призм. По результатам проведенных нами ранее исследований [14], использование медицинского отбеливания зубов приводит к выходу ионов кальция из кристаллической решетки эмали в ротовую жидкость, что свидетельствует о снижении ее кислотоустойчивости.

Более низкие значения показателей у пациентов I группы, вероятно, связаны с использованием в профилактических целях геля на основе аморфного фосфата кальция и нитрата калия. Механизм действия аморфного фосфата кальция заключается в проникновении ионов кальция в открытые пространства эмалевых призм, что приводит к выравниванию поверхности и повышению кислотоустойчивости эмали. Использование нитрата калия позволяет добиться снижения риска возникновения гиперестезии зубов во время и после проведения процедуры химического отбеливания зубов благодаря деполаризующему потенциалу ионов калия, что способствует уменьшению проводимости нервного импульса и, как следствие, приводит к увеличению порога болевой чувствительности.

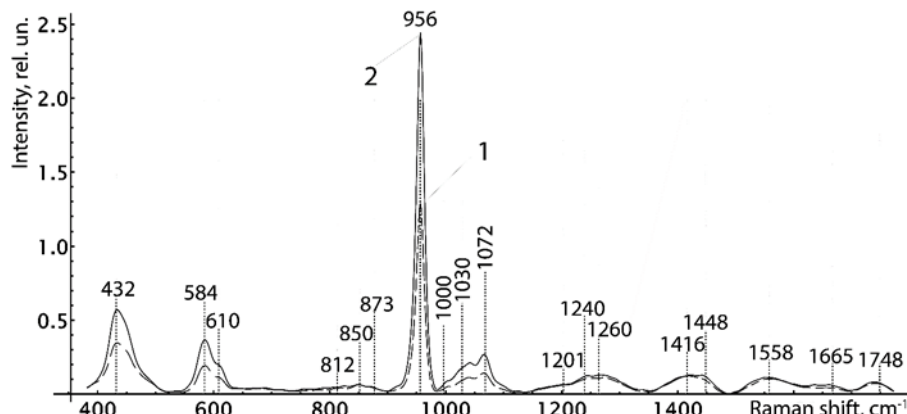


Рис. 4. Усредненные значения спектров комбинационного рассеивания исследуемых образцов эмали у пациентов I и II групп наблюдения  
[Fig. 4. Average values of the combined scattering spectra of the studied enamel samples in patients of the first and second observation groups]

Изменение уровня показателя до высокой кариесрезистентности через 2 недели у пациентов II группы, вероятно, связано с назначением курса реминерализующей терапии всем пациентам данной группы сразу после медицинского отбеливания зубов. Поэтапное применение растворов безводного фтористого силиката меди и высокодисперсной гидроокиси кальция приводит к возникновению на поверхности эмали фторсиликатного комплекса. Данное соединение может диссоциировать на ионы кремниевой кислоты, магния, меди и фтористого кальция. Кремниевая кислота исполняет роль защитной оболочки, которая обеспечивает пролонгированное выделение ионов фтора, предотвращая их выход из структуры эмали. Образовавшийся в результате произошедших химических реакций фторапатит обеспечивает восстановление структурной организации кристаллической решетки эмали в очагах поражения.

Снижение значений индекса у пациентов I группы происходит через месяц, что обусловлено реминерализующим потенциалом ротовой жидкости, который возникает за счет большого количества ионов кальция, фосфора, магния и железа в составе слюны.

Ранее нами были выявлены спектральные изменения эмали и дентина удаленных зубов после офисного отбеливания, а также было установлено, что процесс отбеливания зубов приводит к нарушению структуры эмали и дентина [29]. Это обусловлено снижением органического состава зубов по отношению к минеральным компонентам вследствие окисления матрицы молекулы коллагена в процессе отбеливания зубов.

Нами было выявлено, что изменения спектров эмали на различных сроках наблюдения после процедуры офисного отбеливания зубов статистически не значимы, что обуславливает безопасность процедуры. Проведение данной процедуры не приводит к дальнейшим структурным изменениям эмали зубов в ближайшие и отдаленные сроки наблюдения. Точность и специфичность разработанного алгоритма составили 90 и 89% соответственно.

DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_1\_18

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, данные теста эмалевой резистентности у пациентов I группы вернулись к исходным показателям через месяц, а у пациентов II группы — через 2 недели, что обусловлено проведением пациентам 14-дневного курса реминерализующей терапии сразу после проведения процедуры медицинского отбеливания зубов. Спектральные изменения были незначительными. Полученные данные свидетельствуют о безопасности проведения данной процедуры в кабинете врача-стоматолога при

ее правильном выполнении с использованием сертифицированных систем и реминерализующей терапии.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов.

**Поступила:** 31.01.2022      **Принята в печать:** 15.03.2022

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.  
**Received:** 31.01.2022      **Accepted:** 15.03.2022

**ЛИТЕРАТУРА:**

1. Григорян М.М., Короткая А.Р. Причины дисколорита зубов и методы его лечения путем отбеливания. — *Современные тенденции развития науки и технологий.* — 2017; 2—4: 34—35.
2. Бадалян С.А., Дегтев И.А., Казумян С.В., Борисов В.В., Севбитов А.А. Системы отбеливания зубов. — *Международный научно-исследовательский журнал.* — 2021; 5—2 (107): 78—82. [eLibrary ID: 45781125](#)
3. Меленберг Т.В., Титова О.Ю., Буров А.И., Левина Н.М., Солодченко Ю.В., Дайронас С.К., Дайронас Э.Г. Способы устранения дисколорита зубов. — *Медико-фармацевтический журнал Пульс.* — 2021; 2: 53—59. [eLibrary ID: 44748099](#)
4. Мустакимова Р.Ф., Салеева Л.Р. Роль отбеливания зубов в комплексном лечении стоматологического пациента. — В сб. тр. конф. «Современная стоматология». — Казань, 2017. — С. 297—301. [eLibrary ID: 30020456](#)
5. Беленова И.А., Рожкова Е.Н. Влияние отбеливания зубов на морфохимию эмали. — В сб. тр. конф. «Современная стоматология». — Казань, 2017. — С. 77—83. [eLibrary ID: 30020411](#)
6. Чиркова Н.В., Богатырева Ю.А., Паринов М.А., Паринова М.А., Мухенко С.В. Безопасность и возможные осложнения, возникающие после процедуры отбеливания зубов. — В сб. тр. VI конф. «Наука России: цели и задачи». — Екатеринбург, 2017. — С. 20—23. [eLibrary ID: 36798987](#)
7. Орехова Л.Ю., Новак М.О., Петров А.А., Ивахненко Е.А. Изучение влияния клинического отбеливания на твердые ткани и пульпу зубов. — *Стоматолог. Минск.* — 2020; 1 (36): 52—59. [eLibrary ID: 42499067](#)
8. Магсумова О.А., Постников М.А., Рыскина Е.А., Ткач Т.М., Полканова В.А. Влияние офисных отбеливающих систем на резистентность твердых тканей зубов. — *Медико-фармацевтический журнал Пульс.* — 2020; 12: 119—125. [eLibrary ID: 44408006](#)
9. Куприянова Л.Ю., Попцов А.С., Дусматова Л.Г., Шодиев У.И. Современные методики отбеливания зубов. — *Инновации. Наука. Образование.* — 2021; 47: 2447—2449. [eLibrary ID: 47565691](#)
10. Гаража С.Н., Готлиб А.О., Коджакова Т.Ш., Гришилова Е.Н., Зеленская А.В. Гиперчувствительность при отбеливании витальных зубов и ее лечение. — *Главный врач Юга России.* — 2021; 6 (81): 16—19. [eLibrary ID: 47855551](#)
11. Успенская О.А., Трефилова О.В., Шевченко Е.А. Исследование клинико-гистологических показателей при профессиональном отбеливании зубов. — *Стоматология.* — 2020; 3: 11—17. [eLibrary ID: 43044897](#)
12. Успенская О.А., Трефилова О.В. Выраженность гиперестезии зубов при проведении профессионального и домашнего отбеливания зубов. — *Клиническая стоматология.* — 2019; 3 (91): 28—30. [eLibrary ID: 41188353](#)
13. Бажутова И.В., Магсумова О.А., Фролов О.О., Тимченко Е.В., Тимченко П.Е., Трунин Д.А., Комлев С.С., Полканова В.А. Оценка органического и минерального состава эмали зубов методом рамановской спектроскопии: экспериментальное нерандомизированное

**REFERENCES:**

1. Grigoryan M.M., Korotkaya A.R. Causes of teeth discoloration and methods of its treatment by bleaching. *Modern trends in the development of science and technology.* 2017; 2—4: 34—5 (In Russ.).
2. Badalyan S.A., Degtev I.A., Kazumyan S.V., Borisov V.V., Sevbitov A.A. Teeth whitening systems. *International Research Journal.* 2021; 5—2 (107): 78—82 (In Russ.). [eLibrary ID: 45781125](#)
3. Melenberg T.V., Titova O.Yu., Burov A.I., Levina N.M., Solodchenko Yu.V., Dayronas S.K., Dayronas E.G. Methods for elimination of dental discoloritis. *Medical and pharmaceutical journal Pulse.* 2021; 2: 53—59 (In Russ.). [eLibrary ID: 44748099](#)
4. Mustakimova R.F., Saleeva L.R. The role of teeth whitening in the complex treatment of a dental patient. In: proceedings of the "Modern dentistry" conference. Kazan, 2017. Pp. 297—301 (In Russ.). [eLibrary ID: 30020456](#)
5. Belenova I.A., Rozhkova E.N. The effect of teeth whitening on the morphochemistry of enamel. In: proceedings of the "Modern dentistry" conference. Kazan, 2017. Pp. 77—83 (In Russ.). [eLibrary ID: 30020411](#)
6. Chirkova N.V., Bogatyreva Yu.A., Parinov M.A., Parinova M.A., Mushenko S.V. Safety and possible complications arising after the teeth whitening procedure. In: proceedings of the VI conference "Russian Science: Goals and Objectives". Yekaterinburg, 2017. Pp. 20—23. (In Russ.). [eLibrary ID: 36798987](#)
7. Orekhova L.Yu., Novak M.O., Petrov A.A., Ivakhnenko E.A. The study of the influence power bleaching the hard tissue and pulp of teeth. *Dentist (Minsk).* 2020; 1 (36): 52—59 (In Russ.). [eLibrary ID: 42499067](#)
8. Magsumova O.A., Postnikov M.A., Ryskina E.A., Tkach T.M., Polkanova V.A. Influence of office bleaching systems on the resistance of hard tooth tissues. *Medical and pharmaceutical journal Pulse.* 2020; 12: 119—125 (In Russ.). [eLibrary ID: 44408006](#)
9. Kupriyanov L.Yu., Poptsov A.S., Dusmatov L.G., Shodiev U.I. Modern methods of teeth whitening. *Innovation. Science. Education.* 2021; 47: 2447—2449 (In Russ.). [eLibrary ID: 47565691](#)
10. Garazha S.N., Gotlib A.O., Kodzhakova T.S., Grishilova E.N., Zelenskaya A.V. Hypersensitivity during vital teeth whitening and its treatment. *Glavnyi Vrach Uga Russia.* 2021; 6 (81): 16—19 (In Russ.). [eLibrary ID: 47855551](#)
11. Uspenskaya O.A., Trefilova O.V., Shevchenko E.A. Study of clinical and histological features in professional teeth whitening. *Stomatology.* 2020; 3: 11—17 (In Russ.). [eLibrary ID: 43044897](#)
12. Uspenskaya O.A., Trefilova O.V. The expression of teeth hyperesthesia during professional and home bleaching of teeth. *Clinical Dentistry (Russia).* 2019; 3 (91): 28—30 (In Russ.). [eLibrary ID: 41188353](#)
13. Bazhutova I.V., Magsumova O.A., Frolov O.O., Timchenko E.V., Timchenko P.E., Trunin D.A., Komlev S.S., Polkanova V.A. Raman spectroscopy analysis of dental enamel organic and mineral composition: an experimental non-randomised study. *Kuban Scientific Medical Bulletin.* 2021; 4: 118—132 (In Russ.). [eLibrary ID: 46458976](#)
14. Magsumova O.A., Polkanova V.A., Timchenko E.V., Volova L.T. Raman spectroscopy and its application in different areas of medicine. *Stomatology.* 2021; 4: 137—142 (In Russ.). [eLibrary ID: 46390890](#)

- исследование. — *Кубанский научный медицинский вестник*. — 2021; 4: 118—132. [eLibrary ID: 46458976](#)
14. Магсумова О.А., Полканова В.А., Тимченко В.Е., Волова Л.Т. Рамановская спектроскопия и ее применение в стоматологии. — *Стоматология*. — 2021; 4: 137—142. [eLibrary ID: 46390890](#)
  15. Maran B.M., Burey A., de Paris Matos T., Loguercio A.D., Reis A. In-office dental bleaching with light vs. without light: A systematic review and meta-analysis. — *J Dent*. — 2018; 70: 1—13. [PMID: 29289725](#)
  16. Karaarslan E.S., Özmen Z.C., Aytac F., Bicakci A.A., Buldur M., Aydoğan L., Hologlu F., Özkocak B. Evaluation of biochemical changes in dental tissues after different office bleaching methods. — *Hum Exp Toxicol*. — 2019; 38 (4): 389—397. [PMID: 30526070](#)
  17. Kim M., Kim B., Park B., Lee M., Won Y., Kim C.Y., Lee S. A Digital Shade-Matching Device for Dental Color Determination Using the Support Vector Machine Algorithm. — *Sensors (Basel)*. — 2018; 18 (9): E3051. [PMID: 30213046](#)
  18. James P., Worthington H.V., Parnell C., Harding M., Lamont T., Cheung A., Whelton H., Riley P. Chlorhexidine mouthrinse as an adjunctive treatment for gingival health. — *Cochrane Database Syst Rev*. — 2017; 3: CD008676. [PMID: 28362061](#)
  19. Cavalli V., Rosa D.A.D., Silva D.P.D., Kury M., Liporoni P.C.S., Soares L.E.S., Martins A.A. Effects of experimental bleaching agents on the mineral content of sound and demineralized enamels. — *J Appl Oral Sci*. — 2018; 26: e20170589. [PMID: 30304124](#)
  20. Redha O., Strange A., Maeva A., Sambrook R., Mordan N., McDonald A., Bozec L. Impact of Carbamide Peroxide Whitening Agent on Dental Collagen. — *J Dent Res*. — 2019; 98 (4): 443—449. [PMID: 30681930](#)
  21. Никольский В.О., Успенская О.А., Ганичева О.В., Александров А.А. Структурные изменения твердых тканей зубов, возникающие при отбеливании. — *Проблемы стоматологии*. — 2017; 2: 29—32. [eLibrary ID: 29767436](#)
  22. Mounika A., Mandava J., Roopesh B., Karri G. Clinical evaluation of color change and tooth sensitivity with in-office and home bleaching treatments. — *Indian J Dent Res*. — 2018; 29 (4): 423—427. [PMID: 30127190](#)
  23. Alkahtani R., Stone S., German M., Waterhouse P. A review on dental whitening. — *J Dent*. — 2020; 100: 103423. [PMID: 32615235](#)
  24. Rodríguez-Martínez J., Valiente M., Sánchez-Martín M.J. Tooth whitening: From the established treatments to novel approaches to prevent side effects. — *J Esthet Restor Dent*. — 2019; 31 (5): 431—440. [PMID: 31448534](#)
  25. Zanolla J., Marques A., da Costa D.C., de Souza A.S., Coutinho M. Influence of tooth bleaching on dental enamel microhardness: a systematic review and meta-analysis. — *Aust Dent J*. — 2017; 62 (3): 276—282. [PMID: 27997982](#)
  26. Timchenko E.V., Timchenko P.E., Frolov O.O., Magsumova O.A., Volova L.T., Postnikov M.A., Kozlova T.V. The Raman spectroscopy method for evaluation of structural changes in hard tissues of teeth after in-office whitening. — *Journal of Physics: Conference Series*. — 2103 (2021) 012161. [DOI: 10.1088/1742-6596/2103/1/012161](#).
  27. Тихонова В.В., Саушкина А.С. Обзор возможностей применения рамановской спектроскопии в процессно-аналитической технологии (PAT). — *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. — 2020; 10: 35—39. [eLibrary ID: 44056045](#)
  28. Мандра Ю.В., Вотяков С.Л., Ивашов А.С., Киселева Д.В. Возможности применения рамановской микроспектроскопии для исследования структурных особенностей твердых тканей зубов человека. — *Проблемы стоматологии*. — 2011; 1: 24—27. [eLibrary ID: 16342836](#)
  29. Timchenko E., Timchenko P., Volova L., Frolov O., Zibin M., Bazhutova I. Raman Spectroscopy of Changes in the Tissues of Teeth with Periodontitis. — *Diagnostics (Basel)*. — 2020; 10 (11): E876. [PMID: 33126522](#)
  15. Maran B.M., Burey A., de Paris Matos T., Loguercio A.D., Reis A. In-office dental bleaching with light vs. without light: A systematic review and meta-analysis. — *J Dent*. 2018; 70: 1—13. [PMID: 29289725](#)
  16. Karaarslan E.S., Özmen Z.C., Aytac F., Bicakci A.A., Buldur M., Aydoğan L., Hologlu F., Özkocak B. Evaluation of biochemical changes in dental tissues after different office bleaching methods. — *Hum Exp Toxicol*. 2019; 38 (4): 389—397. [PMID: 30526070](#)
  17. Kim M., Kim B., Park B., Lee M., Won Y., Kim C.Y., Lee S. A Digital Shade-Matching Device for Dental Color Determination Using the Support Vector Machine Algorithm. — *Sensors (Basel)*. 2018; 18 (9): E3051. [PMID: 30213046](#)
  18. James P., Worthington H.V., Parnell C., Harding M., Lamont T., Cheung A., Whelton H., Riley P. Chlorhexidine mouthrinse as an adjunctive treatment for gingival health. — *Cochrane Database Syst Rev*. 2017; 3: CD008676. [PMID: 28362061](#)
  19. Cavalli V., Rosa D.A.D., Silva D.P.D., Kury M., Liporoni P.C.S., Soares L.E.S., Martins A.A. Effects of experimental bleaching agents on the mineral content of sound and demineralized enamels. — *J Appl Oral Sci*. 2018; 26: e20170589. [PMID: 30304124](#)
  20. Redha O., Strange A., Maeva A., Sambrook R., Mordan N., McDonald A., Bozec L. Impact of Carbamide Peroxide Whitening Agent on Dental Collagen. — *J Dent Res*. 2019; 98 (4): 443—449. [PMID: 30681930](#)
  21. Nikol'skij Viktor O., Uspenskaya Olga A., Ganicheva Olesya V., Aleksandrov Aleksey A. Structural changes in hard tissues of teeth arising during bleaching. — *Actual Problems in Dentistry*. 2017; 2: 29—32 (In Russ.). [eLibrary ID: 29767436](#)
  22. Mounika A., Mandava J., Roopesh B., Karri G. Clinical evaluation of color change and tooth sensitivity with in-office and home bleaching treatments. — *Indian J Dent Res*. 2018; 29 (4): 423—427. [PMID: 30127190](#)
  23. Alkahtani R., Stone S., German M., Waterhouse P. A review on dental whitening. — *J Dent*. 2020; 100: 103423. [PMID: 32615235](#)
  24. Rodríguez-Martínez J., Valiente M., Sánchez-Martín M.J. Tooth whitening: From the established treatments to novel approaches to prevent side effects. — *J Esthet Restor Dent*. 2019; 31 (5): 431—440. [PMID: 31448534](#)
  25. Zanolla J., Marques A., da Costa D.C., de Souza A.S., Coutinho M. Influence of tooth bleaching on dental enamel microhardness: a systematic review and meta-analysis. — *Aust Dent J*. 2017; 62 (3): 276—282. [PMID: 27997982](#)
  26. Timchenko E.V., Timchenko P.E., Frolov O.O., Magsumova O.A., Volova L.T., Postnikov M.A., Kozlova T.V. The Raman spectroscopy method for evaluation of structural changes in hard tissues of teeth after in-office whitening. — *Journal of Physics: Conference Series*. 2103 (2021) 012161. [DOI: 10.1088/1742-6596/2103/1/012161](#).
  27. Tihonova V.V., Saushkina A.S. Application of Raman spectroscopy to process analytical technology (PAT). — *Problems of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry*. 2020; 10: 35—39 (In Russ.). [eLibrary ID: 44056045](#)
  28. Mandra Yu.V., Votyakov S.L., Ivashov A.S., Kiseleva D.V. Possibilities of raman microspectrometry imaging for structural investigation of human enamel and dentin. — *Actual Problems in Dentistry*. 2011; 1: 24—27 (In Russ.). [eLibrary ID: 16342836](#)
  29. Timchenko E., Timchenko P., Volova L., Frolov O., Zibin M., Bazhutova I. Raman Spectroscopy of Changes in the Tissues of Teeth with Periodontitis. — *Diagnostics (Basel)*. 2020; 10 (11): E876. [PMID: 33126522](#)