

DOI: 10.18481/2077-7566-2023-19-4-58-62  
УДК:616.314-002-02

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ПО ПОВОДУ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ МЕТОДОМ РАМАН-ФЛЮОРЕСЦЕНЦИИ

Нуриева Н. С., Беляков Г. И.

*Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия*

### Аннотация

**Предмет исследования** — минерализация твердых тканей зубов и ее коррекция у пациентов после лучевой терапии злокачественных новообразований.

**Цель** — разработать метод реминерализации твердых тканей зубов у пациентов после лучевой терапии по поводу новообразований челюстно-лицевой области с помощью раман-флюоресцентной спектроскопии.

**Методология.** Исследование проводилось на группе людей, получавших ранее лучевую терапию по поводу злокачественных новообразований головы и шеи, сопоставимых по полу и возрасту, добровольно согласившихся принять участие. Основная группа составила 20 человек — подвергшихся предложенному комплексу реминерализации. Группа сравнения — без применения предложенного комплекса. Было произведено исследование раман-флюоресценции зубов на АПК «ИнСпектр» в трех участках (шейка, экватор, режущий край) у пациентов до коррекции и после.

**Результаты.** Раман-флюоресцентная диагностика поверхности зуба позволила наглядно увидеть разницу в минерализации в оцифрованных показателях. Данные у пациентов основной группы после коррекции минерализации ( $y = 304, x = 963 \text{ см}^{-1}$ ) выше, чем у пациентов группы сравнения ( $y = 287, x = 963 \text{ см}^{-1}$ ).

**Выводы.** В разных участках поверхности зуба уровень минерализации твердых тканей отличается: шейка ( $216 \pm 0,019, x = 963 \text{ см}^{-1}$ ), экватор ( $389 \pm 0,024, x=963 \text{ см}^{-1}$ ), режущий край ( $282 \pm 0,016, x=963 \text{ см}^{-1}$ ). Метод раман-флюоресцентной диагностики позволяет контролировать изменение минерализации.

Разработанный метод реминерализации твердых тканей зубов у пациентов после лучевой терапии по поводу новообразований челюстно-лицевой области с помощью раман-флюоресцентной спектроскопии позволяет влиять на минерализацию и рекомендован к дальнейшим исследованиям для профилактики развития лучевого кариеса.

**Ключевые слова:** лучевой кариес, минерализация твердых тканей, раман-флюоресценция, стоматология, лучевая терапия, онкология

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Наталья Сергеевна НУРИЕВА** ORCID ID 0000-0002-5656-2286  
д.м.н., профессор кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия  
natakira@mail.ru

**Герман Игоревич БЕЛЯКОВ** ORCID ID 0000-0002-1927-0751  
аспирант кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии, Южно-Уральский государственный медицинский университет, г. Челябинск, Россия  
belyakov-95@mail.ru

Адрес для переписки: Герман Игоревич БЕЛЯКОВ  
454005, г. Челябинск, ул. Цвиллинга, д.63 кв. 64  
+7 (963) 4749759  
belyakov-95@mail.ru

### Образец цитирования:

Нуриева Н. С., Беляков Г. И.  
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБОВ У ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ПО ПОВОДУ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ МЕТОДОМ РАМАН-ФЛЮОРЕСЦЕНЦИИ. Проблемы стоматологии. 2023; 4: 58-62.  
© Нуриева Н. С. и др., 2023  
DOI: 10.18481/2077-7566-2023-19-4-58-62

Поступила 26.10.2023. Принята к печати 25.12.2023

DOI: 10.18481/2077-7566-2023-19-4-58-62

## **STUDYING THE REMINERALIZATION OF HARD DENTAL TISSUE IN PATIENTS AFTER RADIATION THERAPY ON THE NEWLY FORMED MAXILLOFACIAL AREA USING THE RAMAN FLUORESCENCE METHOD**

**Nurieva N.S., Belyakov G.I.**

*South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia*

### **Annotation**

**Subject.** Mineralization of hard dental tissues and its correction in patients after radiation therapy for malignant neoplasms.

**Objectives.** To develop a method for remineralization of hard dental tissues in patients after radiation therapy for neoplasms of the maxillofacial area using Raman fluorescence spectroscopy.

**Methodology.** The study was conducted on a group of people who had previously received radiation therapy for malignant neoplasms of the head and neck, matched by gender and age, who voluntarily agreed to take part in it. The main group consisted of 20 people who underwent the proposed remineralization complex. Comparison group – without using the proposed complex. A study of Raman fluorescence of teeth was carried out using the InSpectrum computer in three areas (neck, equator, incisal edge) in patients before and after correction.

**Results.** Raman fluorescence diagnostics of the tooth surface made it possible to clearly see the difference in mineralization in digitized indicators. The data for patients in the main group after correction of mineralization ( $y = 304$ ,  $x = 963 \text{ cm}^{-1}$ ) are higher than for patients in the comparison group ( $y = 287$ ,  $x = 963 \text{ cm}^{-1}$ ).

**Conclusion.** In different areas of the tooth surface, the level of mineralization of hard tissues differs: neck ( $216 \pm 0.019$ ,  $x = 963 \text{ cm}^{-1}$ ), equator ( $389 \pm 0.024$ ,  $x = 963 \text{ cm}^{-1}$ ), cutting edge ( $282 \pm 0.016$ ,  $x = 963 \text{ cm}^{-1}$ ). The Raman fluorescence diagnostic method allows you to monitor changes in mineralization.

The developed method of remineralization of hard dental tissues in patients after radiation therapy for neoplasms of the maxillofacial area using Raman fluorescence spectroscopy makes it possible to influence mineralization and is recommended for further research to prevent the development of radiation caries

**Keywords:** *radiation caries, mineralization of hard tissues, Raman fluorescence, dentistry, radiation therapy, oncology*

The authors declare no conflict of interest.

**Natalia S. NURIEVA** ORCID ID 0000-0002-5656-2286

*Grand PhD in Medical Sciences, Professor of the Department of Prosthetic Dentistry, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia*  
natakipa@mail.ru

**German I. BELYAKOV** ORCID ID 0000-0002-1927-0751

*Postgraduate Student of the Department of Prosthetic Dentistry, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia*  
belyakov-95@mail.ru

**Correspondence address: German I. BELYAKOV**

*454005 Chelyabinsk, str. Zwillinga, 63, apt. 64*

*+7 (963) 4749759*

*belyakov-95@mail.ru*

### **For citation:**

*Nurieva N.S., Belyakov G.I.*

*STUDYING THE REMINERALIZATION OF HARD DENTAL TISSUE IN PATIENTS AFTER RADIATION THERAPY ON THE NEWLY FORMED MAXILLOFACIAL AREA USING THE RAMAN FLUORESCENCE METHOD. Actual problems in dentistry. 2023; 4: 58-62. (In Russ.)*

*© Nurieva N.S. et al., 2023*

*DOI: 10.18481/2077-7566-2023-19-4-58-62*

*Received 26.10.2023. Accepted 25.12.2023*

## Введение

В настоящее время образования в области головы и шеи очень распространены. При их лечении часто требуется лучевая терапия. Влияние лучевого воздействия на органы зубочелюстной системы вариабельно. Одним из его наиболее часто встречающихся осложнений является лучевой кариес. Под воздействием облучения создается несколько факторов, приводящих к лучевому кариесу, но во всех случаях присутствует снижение уровня минерализации твердых тканей зубов. В настоящее время методы лазерной раман-флюоресцентной спектроскопии позволяют оценить уровень минерализации твердых тканей зубов, их технологическая и аппаратная реализация играют все большую роль в стоматологии [1–6]. Также, учитывая растущую точность и доступность методов лазерной раман-флюоресцентной спектроскопии, врачи активно внедряют их использование в стоматологическую практику [4–8]. А одним из направлений профилактики кариеса является воздействие на уровень минерализации твердых тканей зубов.

**Цель исследования** — разработать метод реминерализации твердых тканей зубов у пациентов после лучевой терапии по поводу новообразований челюстно-лицевой области с помощью раман-флюоресцентной спектроскопии.

## Материалы и методы исследования

В данной работе было принято решение об изучении минерализации твердых тканей зубов методом раман-флюоресцентной спектроскопии [5]. Исследование проводилось на кафедре ортопедической стоматологии и ортодонтии ЮУГМУ. В ходе исследования использовали АПК «ИнСпектр М», (длина волны — 514 нм) по предложенной схеме [2] (рис. 1).

Настоящее исследование проводилось на двух группах людей, сопоставимых по полу и возрасту, имеющих в анамнезе лучевую терапию по поводу ЗНО области головы и шеи, добровольно согласившихся принять участие. Основная группа составила

20 человек (подвергшихся комплексу реминерализации). Группа сравнения — 20 человек (без предложенного комплекса реминерализации). Основным методом исследования являлось изучение раман-флюоресценции участков зубов на аппаратно-программном комплексе «ИнСпектр М».

У пациентов обеих групп было произведено исследование зубов (резцов) в 3-х участках (шейка, экватор, режущий край).

Методика реминерализации включает в себя:

1. Профессиональную гигиену полости рта, которую проводили под контролем АПК «ИнСпектр М» с демонстрацией результатов в виде фотопротокола на мониторе компьютера с целью мотивации пациентов к самостоятельной гигиене.
2. Обучение индивидуальной гигиене полости рта, включающее использование зубной щетки (Sensitive Soft), пасты (Bio Repair Fast Sensitive Repair), ирригатора, зубной нити (Oral-b).
3. Применение реминерализующих средств сразу после самостоятельной чистки зубов два раза в день (аппликационно ГАП увлажненный).
4. Применение эффективных средств стимуляции саливации полости рта (преимущественно пищевые — соленья, квашеная капуста, лимонный сок и др. в умеренном количестве — перед и/или во время еды).

Для анализа интенсивности рамановского излучения участков твердых тканей в количественном эквиваленте (в относительных единицах) были зафиксированы показатели в максимальной и минимальной мощности, а также информация об интенсивности флюоресценции (М ср.). Интенсивность Рамана (М ср.) считали как разницу показателей максимальной и минимальной мощности [4].

В дальнейшем была произведена обработка результатов с помощью программной части прибора. Все измерения происходили в течении 5 мин. Для удобства

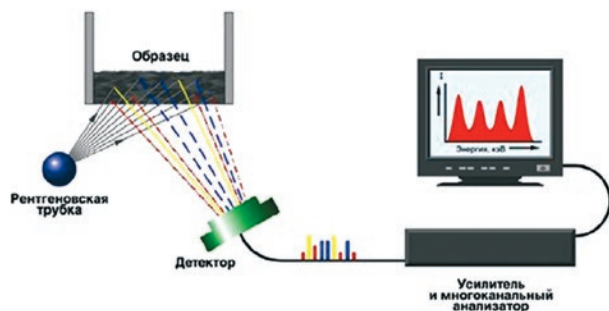


Рис. 1. Схема работы АПК «ИнСпектр М» со световодной насадкой  
Fig. 1. Hardware and software complex «InSpectrM» with a light guide attachment

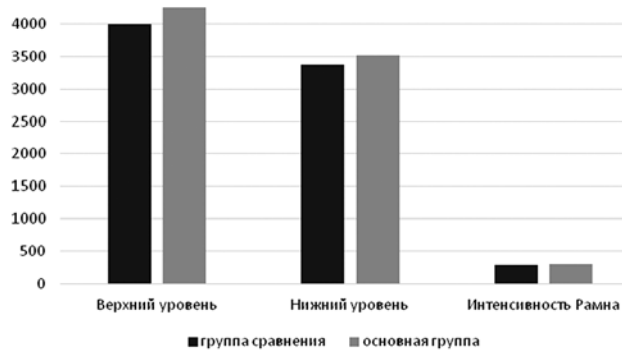


Рис. 2. Спектральные характеристики твердых тканей зуба  
Fig. 2. Spectral characteristics of hard tissues of the tooth

восприятия информации данные измерений (М ср.) были объединены и представлены в таблице (табл. 1) и изображены на рисунке (рис. 2.).

### Результаты исследования и их обсуждение

Информация, которую мы получили в исследовании, дала объективную оценку уровня минерализации участков зубов до и после применения предложенной методики. Полученные результаты обрабатывали в соответствии с принципами медицинской статистики с использованием пакета программ IBM SPSS Statistics 20. Количественные показатели обработаны с использованием методов описательной статистики и представлены в виде среднего значения (М) и стандартного отклонения (m). Результаты вычисления даны в форме  $M \pm m$ .

Раман-флюоресцентная диагностика поверхности зубов позволила наглядно увидеть эффективность предлагаемой методики коррекции минерализации по предложенному алгоритму в оцифрованных показателях. Данные о минерализации твердых тканей зубов в различных участках зуба в разных группах сильно отличались. Итоговые систематизированные результаты раман-флюоресцентной диагностики на представлены в таблице (табл. 1, рис. 2.). Из анализа полученных данных следует, что имеется достоверное различие в минерализации твердых тканей зубов у пациентов основной группы (подвергшихся комплексу реминерализации) и группы сравнения (без комплекса реминерализации). По полученным данным показатели интенсивности Рамана (отн. ед.) у пациентов основной группы (после комплекса реминерализации) во всех участках зубов выше, чем в группе сравнения (без комплекса). То есть после применения

предложенной методики уровень минерализации твердых тканей зубов повышается (рис. 2.).

Проведенное исследование показывает возможность использования инновационной раман-флюоресцентной технологии в качестве инструмента мотивации пациентов к грамотной гигиене полости рта.

В то же время, данное исследование демонстрирует возможность коррекции уровня минерализации твердых тканей зубов у пациентов, перенесших лучевую терапию по поводу злокачественных новообразований области головы и шеи, благодаря предложенной методике.

В ходе исследования был разработан клинический алгоритм повышения уровня минерализации

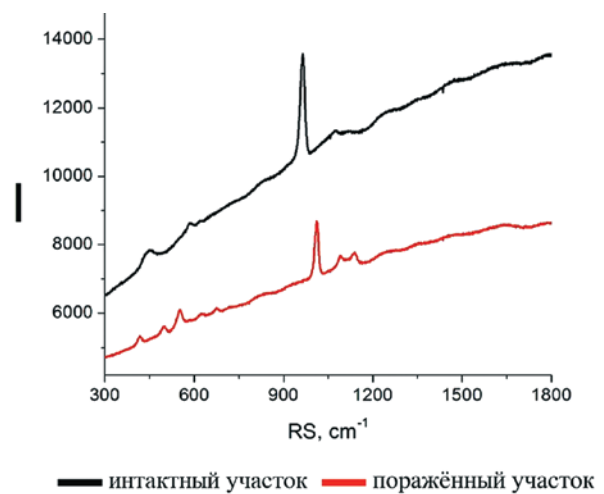


Рис. 3. Нахождение рамановских линий  
Fig. 3. Finding Raman lines

Таблица 1

Спектральные характеристики твердых тканей зуба  
Table 1. Spectral characteristics of hard tissues of the tooth

Объект исследования, n = 40	ДО/ПОСЛЕ До — 1 день, после — 30 день	Верхний пик (интенсивность сигнала в максимуме / длина волны в максимуме)	Нижний уровень (интенсивность сигнала в минимуме / длина волны в максимуме)	Интенсивность Рамана / абсолютные единицы / длина волны в максимуме (отн. ед.)
Шейка зуба	Группа сравнения	$y = 3830 \pm 0,039$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3618 \pm 0,024$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 212 \pm 0,029$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$
	Основная группа	$y = 3960 \pm 0,08$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3870 \pm 0,06$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 220 \pm 0,09$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$
Экватор	Группа сравнения	$y = 3378 \pm 0,049$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 2997 \pm 0,04$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 381 \pm 0,034$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$
	Основная группа	$y = 3850 \pm 0,027$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3072 \pm 0,039$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 398 \pm 0,024$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$
Режущий край	Группа сравнения	$y = 4760 \pm 0,028$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3490 \pm 0,029$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 270 \pm 0,049$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$
	Основная группа	$y = 4970 \pm 0,039$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3606 \pm 0,049$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 294 \pm 0,019$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$
Все поверхности	Группа сравнения	$y = 3989 \pm 0,043$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3368 \pm 0,035$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 287 \pm 0,033$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$
	Основная группа	$y = 4260 \pm 0,029$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 3516 \pm 0,044$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$	$y = 304 \pm 0,026$ $x = 963 \text{ см}^{-1}$

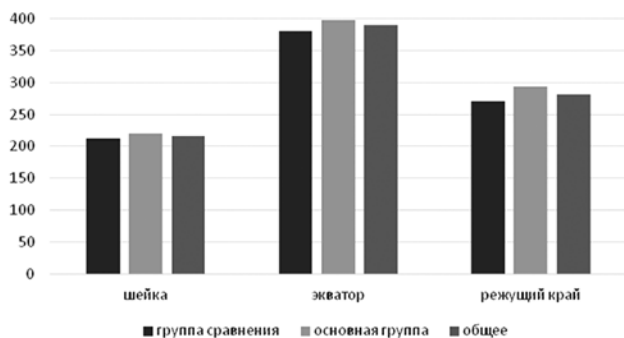


Рис. 4. Спектральные характеристики твердых тканей зуба по участкам

Fig. 4. Spectral characteristics of hard tissues of the tooth area

твердых тканей зубов с целью профилактики поражений твердых тканей зубов после лучевой терапии.

Как видно из результатов, данные, полученные с разных участков поверхности твердых тканей зубов (экватор, шейка, режущий край), отличаются (рис. 4.). Наименьшая минерализация, согласно данным (интенсивность Рамана), имеется в области шейки зубов (группа сравнения —  $y = 212 \pm 0,029$ ,  $x = 963 \text{ см}^{-1}$ , основная группа —  $y = 220 \pm 0,09$ ,  $x = 963 \text{ см}^{-1}$ ); средняя — в области режущего края (группа сравнения —  $y = 270 \pm 0,049$ ,  $x = 963 \text{ см}^{-1}$ , основная группа —  $y = 294 \pm 0,019$ ,  $x = 963 \text{ см}^{-1}$ )

и максимальная — в области экватора (группа сравнения —  $y = 381 \pm 0,034$ ,  $x = 963 \text{ см}^{-1}$ , основная группа —  $y = 398 \pm 0,024$ ,  $x = 963 \text{ см}^{-1}$ ). В то же время, в каждой из областей есть изменение уровня минерализации (увеличение) у пациентов с использованием предложенного комплекса.

## Выводы

В разных участках поверхности зуба уровень минерализации твердых тканей отличается: шейка ( $216 \pm 0,019$ ,  $x = 963 \text{ см}^{-1}$ ), экватор ( $389 \pm 0,024$ ,  $x = 963 \text{ см}^{-1}$ ), режущий край ( $282 \pm 0,016$ ,  $x = 963 \text{ см}^{-1}$ ).

Метод раман-флюоресцентной диагностики позволяет контролировать изменение минерализации, так как есть разность потенциалов в участках твердых тканей зуба у пациентов основной группы, группы сравнения и в разных участках (шейка, экватор, режущий край).

Разработанный метод реминерализации твердых тканей зубов у пациентов после лучевой терапии по поводу новообразований челюстно-лицевой области с помощью раман-флюоресцентной спектроскопии позволяет влиять на минерализацию: в основной группе уровень минерализации выше ( $y = 304 \pm 0,026$ ,  $x = 963 \text{ см}^{-1}$ ), чем в группе сравнения ( $y = 287 \pm 0,033$ ,  $x = 963 \text{ см}^{-1}$ ). Метод рекомендован к дальнейшим исследованиям для профилактики развития лучевого кариеса.

## Литература/References

1. Турсун-заде Р.Т. Оценка распространенности злокачественных новообразований в России с применением модели заболеваемость-смертность. Демографическое обозрение. 2018;5(3):103-126. [R. T. ursun-Zade. An evaluation of the prevalence of malignant neoplasms in Russia using an incidence-mortality model. Demographic survey. 2018;5(3):103-126. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17323/demreview.v5i3.8137>
2. Александров М.Т., Маргарян Э.Г. Применение лазерных технологий в клинике терапевтической стоматологии (обоснование, возможности, перспективы). Российская стоматология. 2017;10(3):31-36. [M. T. Alexandrov, E. G. Margaryan. Laser technique application in therapeutic dentistry in clinic (rationale, possibilities, perspectives). Russian Stomatology. 2017;10(3):31-36. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/rosstomat201710331-36>
3. Александров М.Т., Кукушкин В.И., Полякова М.А., Новожилова Н.Е., Бабина К.С., Аракелян М.Г., Баграмова Г.Э., Пашков Е.П., Дмитриева Е.Ф. Раман-флюоресцентные характеристики твердых тканей зубов и их клиническое значение. Российский стоматологический журнал. 2018;22(6):276-280. [M. T. Aleksandrov, V. I. Kukushkin, M. A. Polyakova, N. E. Novozhilova, K. S. Babina, M. G. Arakelyan, G. E. Bagramova, E. P. Pashkov, E. F. Dmitrieva. Raman fluorescence characteristics of hard dental tissues and their clinical significance. Russian Dental Journal. 2018;22(6):276-280. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18821/1728-2802-2018-22-6-276-280>
4. Нуриева Н.С., Беляков Г.И. Исследование минерализации твердых тканей зубов, пораженных лучевым кариесом, с помощью метода раман-флюоресцентной диагностики. Проблемы стоматологии. 2022;18(4):36-40. [N. S. Nurieva, G. I. Belyakov. Study of the mineralization of hard tissues of the teeth affected by radiation caries using the method of raman fluorescent diagnosis. Actual problems in dentistry. 2022;18(4):36-40. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18481/2077-7566-2022-18-4-30-34>
5. Магсумова О.А., Полканова В.А., Тимченко Е.В., Волова Л.Т. Рамановская спектроскопия и ее применение в стоматологии. Стоматология. 2021;100(4):137-142. [O. A. Magsumova, V. A. Polkanova, E. V. Timchenko, L. T. Volova. Raman spectroscopy and its application in different areas of medicine. Stomatologiya. 2021;100(4):137-142. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/stomat202110004137>
6. 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 исследование. Кубанский научный медицинский вестник. 2021;28(4):118-132. [I. V. Bazhutova, O. A. Magsumova, O. O. Frolov, E. V. Timchenko, P. E. Timchenko, D. A. Trunin, S. S. Komlev, V. A. Polkanova. Raman spectroscopy analysis of dental enamel organic and mineral composition: an experimental non-randomised study. Kuban Scientific Medical Bulletin. 2021;28(4):118-132. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-4-118-132>
7. Магсумова О.А. Оценка изменений кислотоустойчивости и минерального состава эмали при химическом отбеливании зубов. Клиническая стоматология. 2022;25(1):13-19. [O. A. Magsumova. Assessment of changes in acid resistance and mineral composition of enamel during chemical teeth whitening. Clinical dentistry. 2022;25(1):13-19. (In Russ.)]. DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_1\_13
8. 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 исследование. Кубанский научный медицинский вестник. 2021;28(4):118-132. [I. V. Bazhutova, O. A. Magsumova, O. O. Frolov, E. V. Timchenko, P. E. Timchenko, D. A. Trunin, S. S. Komlev, V. A. Polkanova. Raman spectroscopy analysis of dental enamel organic and mineral composition: an experimental non-randomised study. Kuban Scientific Medical Bulletin. 2021;28(4):118-132. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2021-28-4-118-132>
9. Cecilia Carlota Barrera Ortega. América Vázquez-Olmos, Roberto Ysaac Sato Berrú, Miguel Araiza. Study of Demineralized Dental Enamel Treated with Different Fluorinated Compounds by Raman Spectroscopy // Journal of Biomedical Engineering. – 2020;10(5):635-638. DOI:10.31661/jbpe.v0i0.2003-1089