

*Т. Н. Терехова, А. В. Бутвиловский, Д. Л. Володкевич,  
Н. И. Петрович*

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АППЛИКАЦИИ РАСТВОРОВ ФТОРИДА ДИАММИНСЕРЕБРА И ЙОДИДОВ НА ЦВЕТ ЭМАЛИ ВРЕМЕННЫХ ЗУБОВ**

Целью настоящего исследования является анализ влияния аппликации растворов фторида диамминсеребра (ФДС) и йодидов на цвет визуально интактной эмали временных зубов. Цвет зубов определен с помощью спектрофотометра до и после нанесения ФДС (отдельно и в сочетании с повидон-йодом и йодидом калия). Установлено, что после аппликации раствора ФДС на визуально интактные поверхности временных зубов происходило статистически значимое уменьшение их светлоты на 7,67 % ( $p = 0,006$ ), при последовательных аппликациях растворов ФДС и йодидов изменения параметра  $L$  не были значимыми ( $p > 0,05$ ). После нанесения раствора ФДС на визуально интактные поверхности временных зубов обнаружено статистически значимое увеличение значений параметра  $a$  в 2,4 раза ( $p = 0,002$ ), после обработки растворами ФДС и повидон-йода изменения данного параметра не были значимыми ( $p > 0,05$ ), а после обработки растворами ФДС и йодида калия наблюдался переход от отрицательных значений параметра  $a$  к положительным ( $p < 0,05$ ). Все исследуемые способы применения 38 %-ного раствора ФДС (отдельно и в сочетании с йодидами) на визуально интактных поверхностях временных зубов приводят к статистически значимому увеличению значений параметра  $b$ . Обнаружено, что исследуемые способы применения ФДС (отдельно и в сочетании с повидон-йодом и йодидом калия) приводят к изменению цветового расстояния в пределах 6,39–10,94 при отсутствии статистически значимых отличий между группами.

**Ключевые слова:** фторид диамминсеребра, временные зубы, цвет зубов, светлота зубов, цветовое расстояние.

***T. N. Terekhova, A. V. Butvilovsky, D. L. Volodkevich,  
N. I. Petrovich***

## **ANALYSIS OF THE EFFECT OF THE APPLICATION OF SILVER DIAMINE FLUORIDE AND IODIDES SOLUTIONS ON THE COLOR OF DECIDUOUS TEETH'S ENAMEL**

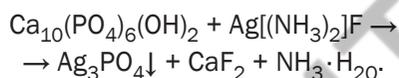
The purpose of this study is to analyze the effect of the application of solutions of silver diamine fluoride (SDF) and iodides on the color of the visually intact enamel of deciduous teeth. The color of the teeth was determined using a spectrophotometer before and after the application of SDF (alone and in combination with povidone iodine and potassium iodide). It was found that after the application of the SDF solution on the visually intact surfaces of deciduous teeth, there was a statistically significant decrease in their lightness by 7.67 % ( $p = 0.006$ ), with successive applications of SDF solutions and iodides, the changes in the  $L$  parameter were not significant ( $p > 0.05$ ). After applying the SDF solution to the visually intact surfaces of deciduous teeth, a statistically significant increase in the values of the parameter  $a$  was found by 2.4 times ( $p = 0.002$ ), after treatment with SDF and povidone iodine solutions, the changes of this parameter were not significant ( $p > 0.05$ ), and after treatment with solutions of SDF and potassium iodide, a transition from negative values of parameter  $a$  to positive ones ( $p < 0.05$ ) was observed. All studied methods of using a 38 % SDF solution (alone and in combination with iodides) on the visually intact surfaces of deciduous teeth lead to a statistically significant increase in the values of parameter  $b$ . It was found that the studied methods of using SDF (alone and in combination with povidone iodine and potassium iodide) lead to a change in the color distance in the range of 6.39–10.94 with the absence of statistically significant differences between the groups.

**Key words:** silver diamine fluoride (SDF), deciduous teeth, tooth color, tooth lightness, color distance.

В настоящее время фторид диамминсеребра (ФДС,  $\text{Ag}[(\text{NH}_3)_2]\text{F}$ ) становится одним из наиболее популярных и эффективных соединений для профилактики и менеджмента кариеса зубов [6, 20, 23]. Представления о механизме действия ФДС существенно расширились благодаря большому количеству научных исследований, проведенных в последние годы. Так принято считать, что противокариозный эффект ФДС реализуется в двух направлениях: путем воздействия на бактерии и зубы.

Воздействие на бактерии обеспечивается наличием фторид-ионов и ионов серебра. Высокие концентрации фторид-ионов ингибируют формирование биопленки на зубах путем связывания с компонентами клеточной стенки бактерий и воздействия на ферменты, участвующие в обмене углеводов и поступлении сахаров в клетку. Антибактериальное действие ионов серебра обусловлено проникновением и разрушением структур клеточной стенки бактерий, ингибированием ферментов (и таким образом влиянием на метаболизм) и ингибированием репликации бактериальной ДНК [15]. В настоящее время доказано действие ФДС относительно *S. mutans* [3], *S. sobrinus*, *S. oralis* [10], *L. casei* [10], *L. Acidophilus* [9], *L. ramnosus* [3], *A. naeslundii* [14] и *C. albicans* [3].

Воздействие ФДС на неорганический компонент твердых тканей зубов ранее традиционно описывалось упрощенной реакцией [6, 19]:



В настоящее время данное воздействие рассматривается в нескольких направлениях.

1. Повышение pH и образование резервуара фтора в форме лабильного фторида кальция. Последующее растворение этого вещества обеспечивает образование фтороapatитов [15].

2. В ходе реакции образуется нерастворимый фосфат серебра (желтого цвета), который в щелочной среде превращается в  $\text{AgOH}$ , разлагающийся на  $\text{Ag}_2\text{O}$  (буро-черного цвета) и воду. Оксид серебра также может распадаться под действием солнечного света и/или восстановителей [6].

3. Реакция ФДС с гидроксиапатитом сопровождается незамедлительным осаждением наночастиц металлического серебра на кристаллах гидроксиапатита [9], что обеспечивает длительное антибактериальное действие серебра по указанному выше механизму.

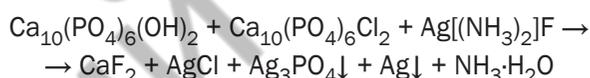
4. ФДС ингибирует протеолитические ферменты – матриксные металлопротеиназы (MMP2, MMP8, MMP9) [24] и катепсины [25], которые вызывают

деградацию коллагена, что подтверждается меньшим высвобождением гидроксипролина на обработанном дентине [17].

5. Нанесение ФДС способствует абсорбции кальция и ингибирует его выход из эмали [10, 26, 27].

6. Аппликация ФДС на кариозные поражения приводит к значимому повышению микротвердости поверхности на глубину около 150 мкм [11, 12, 14].

В 2013 году было опубликовано исследование [17], в котором среди продуктов реакции ФДС с твердыми тканями зуба был обнаружен хлорид серебра, отнесенный в 2018 году к важным продуктам реакции [21]. В качестве высоковероятного источника хлорид-ионов следует считать хлоропатиты, доля которых в неорганическом компоненте эмали составляет 4,4 % [1]. Таким образом, по нашему мнению, на основании имеющихся данных упрощенную реакцию взаимодействия ФДС с неорганическими компонентами твердых тканей зуба целесообразно представлять следующим образом:



Второе и третье из указанных направлений взаимодействия ФДС с твердыми тканями зуба определяют изменение цвета обработанных эмали и дентина, что является единственным недостатком применения данного соединения в клинической практике. Актуальность исследования связана с отсутствием данных о количественном изменении цвета визуально интактной эмали временных зубов после аппликации растворов фторида диамминсеребра и йодидов.

Цель исследования: проанализировать влияние аппликации растворов фторида диамминсеребра и йодидов на цвет визуально интактной эмали временных зубов.

Задачи исследования:

1. Установить, изменяется ли светлота визуально интактной эмали временных зубов после аппликации ФДС и йодидов.

2. Определить, происходят ли изменения положения цвета временных зубов в плоскостях от зеленого до красного и от синего до желтого при различных способах аппликации ФДС на их визуально интактные поверхности.

3. Оценить цветовое расстояние визуально интактной эмали временных зубов после нанесения раствора ФДС отдельно и в сочетании с повидон-йодом и йодидом калия.

**Материалы и методы.** Исследования проводились на удаленных по причине физиологической смены временных верхних резцов. Объектом исследования служили визуально интактные поверхности

зубов (n = 30). Зубы очищали щеточкой с пастой без фтора, промывали водой и высушивали. Затем с помощью спектрофотометра Vita EasyShade Advance определяли цвет изучаемых поверхностей с фиксацией параметров L (светлота), а (положение цвета в плоскости от зеленого до красного) и b (положение цвета в плоскости от синего до желтого) [4].

После в группе № 1 проводили аппликацию 38 %-го раствора ФДС («Аргенат однокомпонентный», «ВладМиВа») в течение 30 секунд, в группе № 2 – незамедлительно после нанесения раствора ФДС проводили аппликацию 10 %-го раствора повидон-йода [7] в рассчитанных нами соотношениях [8], в группе № 3 – незамедлительно после нанесения раствора ФДС проводили аппликацию насыщенного раствора йодида калия [18]. Далее зубы помещали в физиологический раствор на 7 суток (24 часа пребывания на свету), после чего проводили повторное определение цвета.

Цветовое расстояние определяли по формуле цветового отличия (color difference) [22]:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \cdot \Delta E.$$

Описание количественных переменных представлено в виде медианы, нижнего и верхнего квантиля Me (Q1–Q3). Достоверность различий при множественном сравнении определена по критерию H (Краскела-Уоллиса), при апостериорных сравнениях – по критерию z с поправкой Бонферрони (с критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез равном 0,017). Достоверность различий при изучении динамики количественных показателей определена по крите-

рию W (Вилкоксона) с критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез равном 0,05 [2, 5, 16].

**Результаты и обсуждение.** На рисунке 1 представлены исходные и итоговые значения параметра L для интактных поверхностей в сформированных группах. В группе 1 до аппликации растворов значение параметра L составило 85,40 (81,05–89,88), в группе 2 – 88,55 (83,90–93,70), в группе 3 – 90,30 (86,55–92,08), отличия между группами не обнаружены (H = 1,460; p = 0,482). По завершению эксперимента значение параметра L в группе 1 оказалось равным 78,85 (67,75–85,65), в группе 2 – 88,30 (83,83–93,83), в группе 3 – 92,00 (88,90–97,53). При сравнении с исходными значениями обнаружено статистически значимое уменьшение светлоты в группе 1 на 7,67 % (W = 53; p = 0,006), в группах 2 и 3 изменения параметра L не были значимыми (p > 0,05).

При множественном сравнении групп по итоговым значениям параметра L обнаружены статистически значимые различия между ними (H = 13,14; p = 0,001). При попарном (таблица) сравнении зафиксирован 1 случай p < p<sub>крит</sub>: при сравнении группы 1 с группой 3 (z = 3,570; p < 0,001).

Таблица. Результаты попарных сравнений сформированных групп по итоговым значениям параметра L для интактных поверхностей

Группа	1	2	2
1		0,019	< 0,001
2	2,338		0,218
3	3,570	1,232	

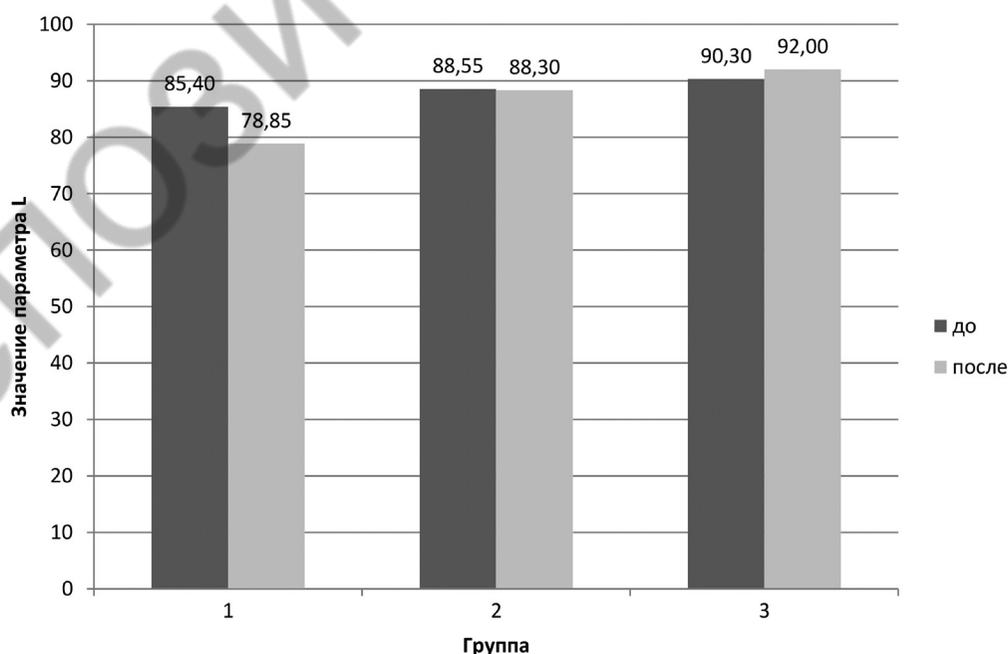


Рисунок 1. Исходные и итоговые значения параметра L для интактных поверхностей в сформированных группах

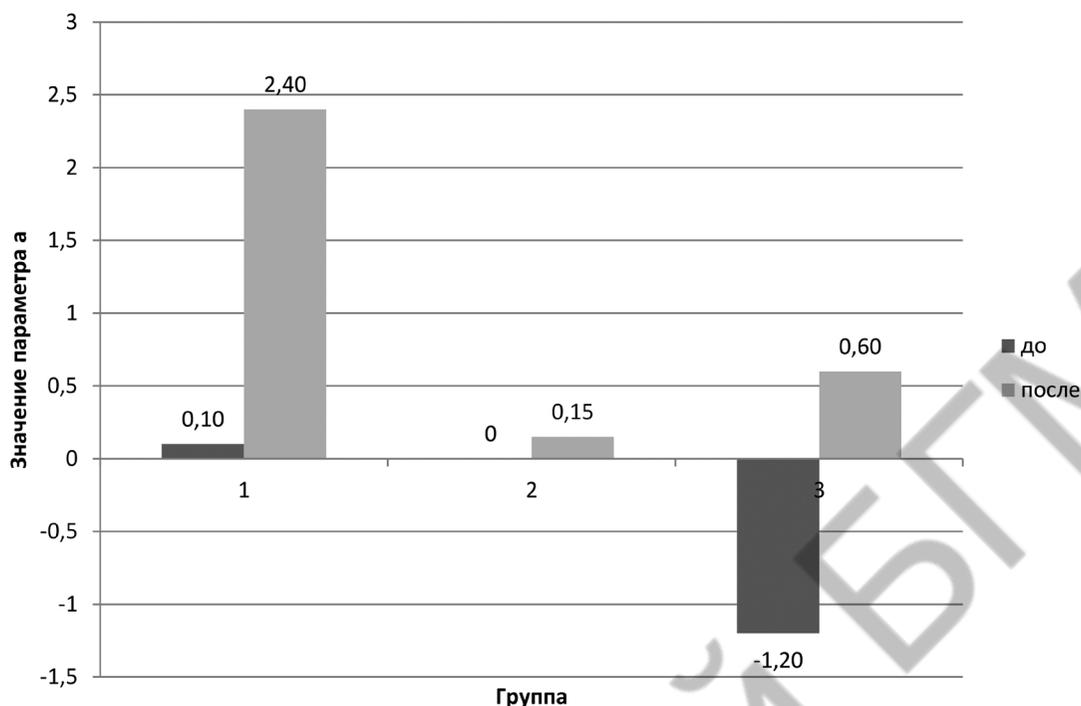


Рисунок 2. Исходные и итоговые значения параметра а для интактных поверхностей в сформированных группах

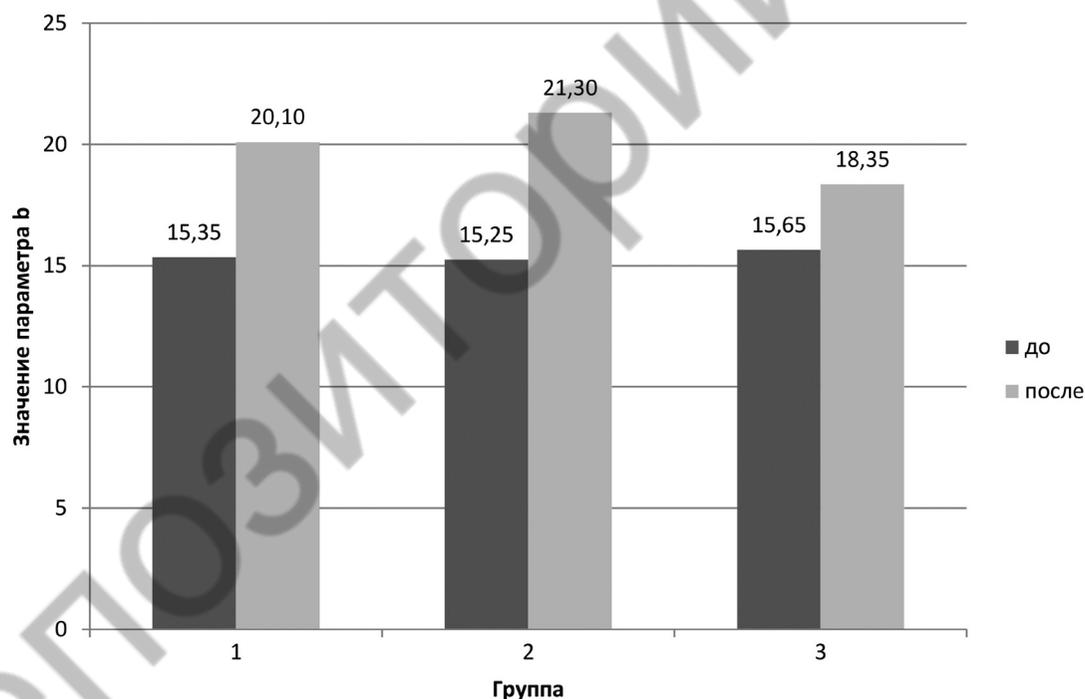


Рисунок 3. Исходные и итоговые значения параметра b для интактных поверхностей в сформированных группах

Установлено, что в группе 1 исходное значение параметра а (рисунок 2) составило 0,10 (-1,00–1,05), в группе 2 – 0 (-2,20–0,85), в группе 3 – -1,20 (-1,90–1,08), отличия между группами не обнаружены ( $H = 0,246$ ;  $p = 0,884$ ). После обработки растворами ФДС и йодидов значение параметра а в группе 1 равнялось 2,40 (0,65–4,50), в группе 2 – 0,15 (-0,65–1,15), в группе 3 – 0,60 (-1,45–1,78). При сравнении с исходными значениями обнару-

жено статистически значимое увеличение значений параметра а (смещение в сторону красного цвета) в группе 1 в 2,4 раза ( $W = 55$ ;  $p = 0,002$ ), в группе 3 – переход от отрицательных значений к положительным ( $W = 47$ ;  $p < 0,05$ ), в группе 2 изменения не были значимыми ( $p > 0,05$ ).

Исходное значение параметра b для интактных поверхностей в группе 1 (рисунок 3) составило 15,35 (9,30–19,63), в группе 2 – 15,25 (10,40–20,53),

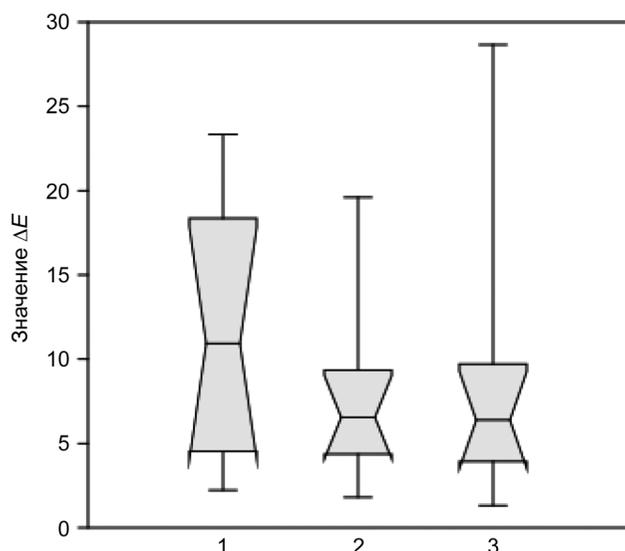


Рисунок 4. Цветовое расстояние в сформированных группах

в группе 3 – 15,65 (12,28–17,55), различия между группами отсутствовали ( $H = 0,017$ ;  $p = 0,991$ ). Полученные значения свидетельствуют о смещении оттенка исследуемых зубов в плоскости  $b$  в сторону желтого цвета. По завершению эксперимента значение параметра  $b$  в группе 1 составило 20,10 (16,40–24,43), в группе 2 – 21,30 (16,50–25,05), в группе 3 – 18,35 (17,35–23,35). Таким образом, в группе 1 параметр  $b$  увеличился (возросла степень желтизны) на 30,94 % ( $W = 53$ ;  $p = 0,006$ ), в группе 2 – на 39,67 % ( $W = 55$ ;  $p = 0,002$ ) и в группе 3 – на 17,25 % ( $W = 55$ ;  $p = 0,002$ ). При множественном сравнении групп по итоговым значениям параметра  $b$  значимые отличия не обнаружены ( $H = 0,331$ ;  $p = 0,847$ ).

Значение показателя  $\Delta E$  для группы 1 (рисунок 4) составило 10,94 (4,53–18,36), для группы 2 – 6,55 (4,37–9,35), для группы 3 – 6,39 (3,93–9,71). При множественном сравнении по цветовому расстоянию отличия между группами не обнаружены ( $H = 1,742$ ;  $p = 0,419$ ).

### Выводы

1. После аппликации раствора ФДС на визуально интактные поверхности временных зубов происходило статистически значимое уменьшение их светлоты на 7,67 % ( $W = 53$ ;  $p = 0,006$ ), при последовательных аппликациях растворов ФДС и йодидов изменения параметра  $L$  не были значимыми ( $p > 0,05$ ).

2. После нанесения раствора ФДС на визуально интактные поверхности временных зубов обнаружено статистически значимое увеличение значений параметра  $a$  в 2,4 раза ( $W = 55$ ;  $p = 0,002$ ), после обработки по предложенному нами спосо-

бу изменения данного параметра не были значимыми ( $p > 0,05$ ), а после обработки растворами ФДС и йодида калия наблюдался переход от отрицательных значений параметра  $a$  к положительным ( $W = 47$ ;  $p < 0,05$ ). Все исследуемые способы применения 38 %-ного раствора ФДС (отдельно и в сочетании с йодидами) на визуально интактных поверхностях временных зубов приводят к статистически значимому увеличению значений параметра  $b$ .

3. Исследуемые способы применения ФДС (отдельно и в сочетании с повидон-йодом и йодидом калия) приводят к изменению цветового расстояния в пределах 6,39–10,94; статистически значимые отличия между группами не обнаружены.

### Литература

1. Боровский, Е. В., Леонтьев В. К. Биология полости рта. – М.: Медицина, 1991. – 304 с.
2. Гржибовский, А. М. Анализ трех и более независимых групп данных / А. М. Гржибовский // Экология. – 2008. – № 3. – С. 50–58.
3. Изучение антимикробной активности антисептиков, препаратов серебра и фтора в отношении кариеогенной микрофлоры / А. В. Бутвиловский [и др.] // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2012. – № 1. – С. 52–58.
4. Определение цвета зубов различными методами / Т. Н. Манак [и др.] // Стоматологический журнал. – 2019. – № 1. – С. 54–59.
5. Реброва, О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA / О. Ю. Реброва. – М.: МедиаСфера, 2002. – 312 с.
6. Терехова, Т. Н. Возможности применения препаратов фторида диамминсеребра в детской стоматологии / Т. Н. Терехова, А. В. Бутвиловский, Ж. М. Бурак // Современная стоматология. – 2009. – № 1. – С. 57–59.
7. Терехова, Т. Н. Способ приостановления кариеса зубов с помощью фторида диамминсеребра / Т. Н. Терехова, А. В. Бутвиловский, В. В. Хрусталева // Современная стоматология. – 2019. – № 3. – С. 28–30.
8. Химическое моделирование взаимодействия препаратов серебра с твердыми тканями зуба и йодидами / А. В. Бутвиловский [и др.] // Медицинские новости. – 2019. – № 9. – С. 73–77.
9. Antibacterial effects of silver diamine fluoride on multi-species cariogenic biofilm on caries / M. L. Mei [et al.] // Ann. Clin. Microbiol. Antimicrob. – 2013. – Vol. 12. – P. 4.
10. Atividade Antimicrobiana de Produtos Fluoretados sobre Bactérias Formadoras do biofilme Dentário: Estudo in vitro / S. Alves [et al.] // Pesqui. Bras. Odontopediatria Clin. Integr. – 2010. – Vol. 10. – P. 209–216.
11. Chu, C. H. Microhardness of dentine in primary teeth after topical fluoride applications / C. H. Chu, E. C. M. Lo // J. Dent. – 2008. – Vol. 36. – P. 387–391.
12. Effect of a silver ammonia fluoride solution on the prevention and inhibition of caries / Y. Li [et al.] // Zhonghua Kou Qiang Ke Za Zhi. – 1984. – Vol. 19. – P. 97–100.
13. Effects of diammine silver fluoride on tooth enamel / T. Suzuki et al. // J. Osaka Univ. Dent. Sch. – 1974. – Vol. 14. – P. 61–72.

14. *Effects of silver diamine fluoride on dentine carious lesions induced by Streptococcus mutans and Actinomyces naeslundii biofilms* / C. H. Chu et al. // *Int. J. Paediatr. Dent.* – 2012. – Vol. 22. – P. 2–10.
15. *Greenwall-Cohen, J. Silver diamine fluoride – an overview of the literature and current clinical techniques* / J. Greenwall-Cohen, L. Greenwall, S. Barry // *British Dental Journal.* – 2020. – Vol. 228. №11. – P. 831–838.
16. *Hammer, O. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis* / O. Hammer, D. A. T. Harper, P. D. Ryan // *Palaeontologia Electronica.* – 2001. – Vol. 4(1). – P. 1–9.
17. *Inhibitory effect of silver diamine fluoride on dentine demineralization and collagen degradation* / M. L. Mei [et al.] // *J. Dent.* – 2013. – Vol. 41. – P. 809–817.
18. *Knight G. M., McIntyre J. M., Craig G. G. Mulyani Ion uptake into demineralized dentine from glass ionomer cement following pretreatment with silver fluoride and potassium iodide* // *Aust. Dent. J.* – 2006. – Vol. 51 (3). – P. 237–241.
19. *Li, Y. Study of mechanism of a silver ammonia fluoride solution on inhibition of dentine caries* / Y. Li, J. Li // *Beijing J. Stomatol.* – 1997. – Vol. 5. – P. 151–152.
20. *Mechanisms of silver diamine fluoride on arresting caries: a literature review* / I. S. Zhao // *Int. Dent. J.* – 2018. – Vol. 68. – P. 67–76.
21. *Mei, L. Arresting Dentine Caries with Silver Diamine Fluoride: What's Behind It?* / L. Mei, E. Lo, C. H. Chu // *Journal of Dental Research.* – 2018. – Vol. 97. – P. 751–758.
22. *Mokrzycki, W. Color difference Delta E – A survey* / W. Mokrzycki, M. Tatol // *Machine Graphics and Vision.* – 2011. – Vol. 20. – P. 383–411.
23. *Silver diamine fluoride: A review and current applications* / S. Shah [et al.] // *JoAOR.* – 2014. – Vol. 5(1). – P. 25–35.
24. *The inhibitory effects of silver diamine fluoride at different concentrations on matrix metalloproteinases* / M. L. Mei [et al.] // *Dent. Mater.* – 2012. – Vol. 28. – P. 903–908.
25. *The inhibitory effects of silver diamine fluorides on cysteine cathepsins* / M. L. Mei [et al.] // *J. Dent.* – 2014. – Vol. 42. – P. 329–335.
26. *Wu, L. Comparison of the effects of three fluoride-containing agents on the demineralization of deciduous teeth in vitro* / L. Wu, F. Yang // *J. Modern Stomatol.* – 2002. – Vol. 16. – P. 216–218.
27. *Wu, L. The effects of three fluoride-containing agents on the remineralization of deciduous teeth in vitro* / L. Wu, F. Yang // *J. Pract. Stomatol.* – 2002. – Vol. 18. – P. 347–349.

Поступила 22.07.2020 г.