

ОЦЕНКА АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛИАЛКЕНАТНОГО ЦЕМЕНТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИМИ НАНОЧАСТИЦАМИ

В.А. Румянцев¹, А.А. Андреев¹, Г.А. Фролов², А.В. Леонтьева¹

¹ФГБОУ ВО «Тверской государственный медицинский университет» Минздрава России (Тверь, Российская Федерация)

²НИТУ «Московский институт стали и сплавов» Министерства высшего образования и науки России (Москва, Российская Федерация)

Для цитирования: Румянцев В.А., Андреев А.А., Фролов Г.А., Леонтьева А.В. Оценка антибактериальной активности полиалкенатного цемента, модифицированного металлосодержащими наночастицами. *Аспирантский вестник Поволжья*. 2025;25(2):52-55.

DOI: <https://doi.org/10.35693/AVP678195>

■ Сведения об авторах:

Румянцев В.А. – д-р. мед. наук, профессор, заведующий кафедрой пародонтологии. ORCID: 0000-0001-6045-3333

E-mail: rumyancev_v@tvgmu.ru

*Андреев Алексей Алексеевич – ординатор кафедры стоматологии. ORCID:0000-0002-1012-9356 E-mail: aandreev01@yandex.ru

Фролов Г.А. – канд. хим. наук, доцент кафедры физической химии. ORCID: 0000-0003-1460-6030 E-mail: georgifroloff@yandex.ru

Леонтьева А.В. – ассистент кафедры микробиологии и вирусологии с курсом иммунологии. ORCID: 0000-0002-4641-9718

E-mail: aurika171900@mail.ru

*Автор для переписки

Получено: 08.04.2025

Одобрено: 28.04.2025

Опубликовано: 12.05.2025

■ Аннотация

Цель – оценка антибактериального действия полиалкенатного (стеклоиономерного) цемента, модифицированного наночастицами оксида ванадия (V_2O_5), оксида алюминия (Al_2O_3) и магнетита (Fe_3O_4), в отношении тестовой культуры *Staphylococcus aureus* и смешанной микробиоты слюны.

Материал и методы. Коллоидные водные растворы металлов и их оксидов со стабилизатором были получены с помощью электроэрозийного метода. Полиалкенатный цемент «Цемион» был насыщен коллоидными растворами во время его замешивания. Противомикробную активность модифицированного пломбирочного материала оценивали по отношению к смешанной микробиоте (слюна) и тестовой культуре *S. aureus* диско-диффузионным методом *in vitro*.

Результаты. Время экспозиции пломб составило 24 часа при температуре 37°C в термостате. В результате образцы 1–5 не показали зон задержек роста микроорганизмов. Образец 6 показал зону задержки роста: 19 мм на чашке со *S. aureus* и 15 мм на чашке со смешанной микробиотой.

Заключение. Полиалкенатный цемент, модифицированный коллоидным водным раствором магнетита, может быть эффективным в профилактике рецидивирующего кариеса зубов.

■ **Ключевые слова:** рецидивирующий кариес, полиалкенатный цемент, наночастицы, магнетит.

■ **Конфликт интересов:** не заявлен.

EVALUATION OF THE ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF POLYALKENATE CEMENT MODIFIED WITH METAL-CONTAINING NANOPARTICLES

Vitalii A. Rumyantsev¹, Aleksei A. Andreev¹, Georgii A. Frolov², Aureliya V. Leontieva¹

¹Tver State Medical University (Tver, Russian Federation)

²Moscow Institute of Steel and Alloys (Moscow, Russian Federation)

Citation: Rumyantsev VA, Andreev AA, Frolov GA, Leontieva AV. Evaluation of the antibacterial activity of polyalkenate cement modified with metal-containing nanoparticles. *Aspirantskiy vestnik Povolzhia*. 2025;25(2):52-55. DOI: <https://doi.org/10.35693/AVP678195>

■ Information about the authors

Vitalii A. Rumyantsev – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Head of the Department of Periodontology. ORCID: 0000-0001-6045-3333

E-mail: rumyancev_v@tvgmu.ru

*Aleksei A. Andreev – resident of the Department of Dentistry. ORCID: 0000-0002-1012-9356 E-mail: aandreev01@yandex.ru

Georgii A. Frolov – Cand. Sci. (Chemistry), Associate Professor of the Department of Physical Chemistry. ORCID: 0000-0003-1460-6030

E-mail: georgifroloff@yandex.ru

Aureliya V. Leontieva – assistant at the Department of Microbiology and Virology with a course in Immunology. ORCID: 0000-0002-4641-9718

E-mail: aurika171900@mail.ru

*Corresponding Author

Received: 08.04.2025

Accepted: 28.04.2025

Published: 12.05.2025

■ Abstract

Aim – assessment of the level of antibacterial effect of polyalkenate (glass ionomer) cement modified with nanoparticles of vanadium oxide (V_2O_5), aluminum oxide (Al_2O_3) and magnetite (Fe_3O_4) in relation to a test culture of *Staphylococcus aureus* and a mixed microbiota of saliva.

Material and methods. Colloidal aqueous solutions of metals and their oxides with a stabilizer were obtained using the electroerosion method. The polyalkenate cement “Cemion” was saturated with colloidal solutions during mixing. The antimicrobial activity of the modified filling material was evaluated in relation to the mixed microbiota (saliva) and the test culture of *S. aureus* by the *in vitro* disco diffusion method.

Results. The exposure time of the seals was 24 hours at 37 °C in the thermostat. As a result, samples 1-5 showed no areas of delayed microbial growth. Sample 6 showed a growth retardation zone: 19 mm on a cup with *S. aureus* and 15 mm on a cup with mixed microbiota.

Conclusion. Polyalkenate cement modified with a colloidal aqueous solution of magnetite can be effective in preventing recurrent dental caries.

■ **Keywords:** recurrent caries, polyalkenate cement, nanoparticles, magnetite.

■ **Conflict of interest:** not stated.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время распространенность кариеса достигла высочайших показателей (95–99%) среди заболеваний зубов у населения во всем мире [1–3]. Достаточно высока и частота рецидивирующего кариеса. В связи с этим в стоматологии открытым остается вопрос профилактики рецидива кариозных поражений. Одним из направлений профилактики рецидивирующего кариеса является модификация химической структуры уже существующих пломбировочных материалов с целью пролонгировать их антимикробное действие [4–6]. В настоящее время при лечении кариеса в рамках обязательного медицинского страхования наиболее часто применяют стеклоиономерные (полиалкениатные) цементы, а следовательно, именно они наиболее часто используются в клинической практике. Однако способностью подавлять рост кариесогенной микрофлоры полиалкениатные цементы не обладают [7, 8].

В научной литературе имеются немногочисленные исследования, посвященные изучению противомикробной активности стеклоиономерных цементов, модифицированных наночастицами металлов и неметаллов, в отношении микробиоты зубного налета и слюны [9].

ЦЕЛЬ

Экспериментальная оценка антибактериального действия полиалкениатного цемента, модифицированного наночастицами оксида ванадия (V_2O_5), оксида алюминия (Al_2O_3) и магнетита (Fe_3O_4), в отношении тестовой культуры *S. aureus* и смешанной микробиоты слюны.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Коллоидные водные растворы оксидов металлов со стабилизатором были получены с помощью электроэрозионного метода. Посредством анализатора Malvern Zetasizer Nano ZS были определены дзета-потенциал и распределение частиц дисперсной фазы. Полиалкениатный цемент «Цемион» был насыщен коллоидными растворами во время замешивания. Часть пломб была изготовлена месяц назад, а другие образцы готовили непосредственно перед исследованием. Из стеклоиономерного цемента, замешанного на одном виде коллоидного раствора, получали по одному образцу (кроме коллоидного водного раствора оксида ванадия, с которым были получены 2 образца).

Противомикробную активность модифицированного пломбировочного материала оценивали по отношению к смешанной микробиоте (слюна) и тестовой культуре *S. aureus* диско-диффузионным методом *in vitro*. По методике готовили взвесь бактерий $1,5 \times 10^8$ клеток/мл (0,5 по стандарту МакФарланда), вносили в чашку Петри 0,1 мл, подсушивали и накладывали образцы материалов. Готовые пломбы (изготовленные месяц назад) наносили сразу, а свежеизготавливаемые образцы получали путем замешивания порошка цемента на водных суспензиях нанопрепаратов до образования густой однородной консистенции.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Время экспозиции готовых пломб и свежесмешанных образцов составило 24 часа при температуре 37°C в термостате. В результате образцы 1–5 не показали зон задержек роста микроорганизмов. Образец 6 показал зону задержки роста: 19 мм на чашке со *S. aureus* (рисунок 1) и 15 мм

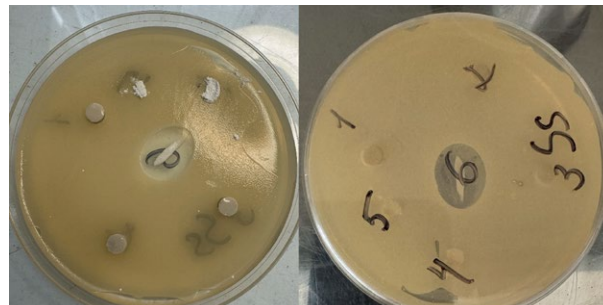


Рисунок 1. Бактерицидная активность ранее приготовленных образцов стеклоиономерных пломб в отношении культуры *S. aureus*, модифицированных: 1 – коллоидным раствором оксида ванадия (V_2O_5); 2 – коллоидным раствором V_2O_5 с размером наночастиц 10 нм; 3 – коллоидным раствором V_2O_5 с размером наночастиц 5 нм. Бактерицидная активность свежесмешанных образцов материала: 4 – с коллоидным раствором V_2O_5 ; 5 – с коллоидным раствором V_2O_5 ; 6 – с коллоидным раствором Fe_3O_4 .

Figure 1. Bactericidal activity of previously prepared glass ionomer filling samples against *S. aureus* culture modified with: 1 – colloidal solution of vanadium oxide (V_2O_5); 2 – colloidal solution of V_2O_5 with 10 nm nanoparticle size; 3 – colloidal solution of V_2O_5 with 5 nm nanoparticle size. Bactericidal activity of freshly mixed material samples: 4 – with colloidal solution of V_2O_5 ; 5 – with colloidal solution of V_2O_5 ; 6 – with colloidal solution of Fe_3O_4 .

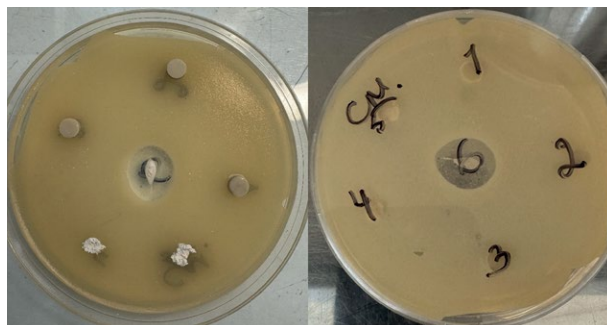


Рисунок 2. Бактерицидная активность образцов ранее приготовленных стеклоиономерных пломб в отношении культуры смешанной микробиоты, модифицированных: 1 – коллоидным раствором оксида ванадия (V_2O_5); 2 – коллоидным раствором V_2O_5 с размером наночастиц 10 нм; 3 – коллоидным раствором V_2O_5 с размером наночастиц 5 нм. Бактерицидная активность свежесмешанных образцов материала: 4 – коллоидным раствором V_2O_5 в жидком виде; 5 – коллоидным раствором V_2O_5 в жидком виде; 6 – коллоидным раствором Fe_3O_4 в жидком виде.

Figure 2. Bactericidal activity of previously prepared glass ionomer filling samples against mixed microbiota culture modified with: 1 – colloidal solution of vanadium oxide (V_2O_5); 2 – colloidal solution of V_2O_5 with 10 nm nanoparticle size; 3 – colloidal solution of V_2O_5 with 5 nm nanoparticle size. Bactericidal activity of freshly mixed material samples: 4 – colloidal solution of V_2O_5 in liquid form; 5 – colloidal solution of V_2O_5 in liquid form; 6 – colloidal solution of Fe_3O_4 in liquid form.

на чашке со смешанной микробиотой (рисунок 2). Следует отметить, что образец 6 плохо замешивался и наносился в полужидком состоянии.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Bessudnova AR, Rumyantsev VA, Frolov GA, et al. Experimental evaluation of the galvanophoretic dentin nanoimpregnation for recurrent caries prevention. *Aspirantskiy vestnik Povolzhia*. 2023;23(2):13-18. [Бессуднова А.Р., Румянцев В.А., Фролов Г.А., Блинова А.В., Битюков В.В. Экспериментальная оценка возможности профилактики рецидивирующего кариеса зубов методом гальванофоретической наноимпрегнации дентина. *Аспирантский вестник Поволжья*. 2023;23(2):13-18]. DOI: [10.55531/2072-2354.2023.23.2.13-18](https://doi.org/10.55531/2072-2354.2023.23.2.13-18)
2. Tong HJ, Seremidi K, Stratigaki E, et al. Deep dentine caries management of immature permanent posterior teeth with vital pulp: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2022;124:104214. DOI: [10.1016/j.jdent.2022.104214](https://doi.org/10.1016/j.jdent.2022.104214)
3. Márquez-Pérez K, Zúñiga-López CM, Torres-Rosas R, Argueta-Figueroa L. Reported prevalence of dental caries in Mexican children and teenagers. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2023;61(5):653-660. DOI: [10.5281/zenodo.8316465](https://doi.org/10.5281/zenodo.8316465)
4. Morales-Valenzuela AA, Scougall-Vilchis RJ, Lara-Carrillo E, et al. Enhancement of fluoride release in glass ionomer cements modified with titanium dioxide nanoparticles. *Medicine (Baltimore)*. 2022;101(44):e31434. DOI: [10.1097/MD.00000000000031434](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000031434)
5. Fierascu RC. Incorporation of nanomaterials in glass ionomer cements-recent developments and future perspectives: A narrative review. *Nanomaterials (Basel)*. 2022;12(21):3827. DOI: [10.3390/nano12213827](https://doi.org/10.3390/nano12213827)
6. Saad Bin Qasim S, Bmuajdad A. The effect of mesoporous silica doped with silver nanoparticles on glass ionomer cements; physicochemical, mechanical and ion release analysis. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):1269. DOI: [10.1186/s12903-024-05056-1](https://doi.org/10.1186/s12903-024-05056-1)
7. Ramić B, Cvjetičanin M, Bajkin B, et al. Physical and mechanical properties assessment of glass ionomer cements modified with TiO₂ and Mg-doped hydroxyapatite nanoparticles. *J Appl Biomater Funct Mater*. 2024;22:22808000241282184. DOI: [10.1177/22808000241282184](https://doi.org/10.1177/22808000241282184)
8. Tsolianos I, Nikolaidis AK, Koulaouzidou EA, Achilias DS. An Evaluation of Experimental Calcium Ion-Leachable Nanocomposite Glass Ionomer Cements. *Nanomaterials (Basel)*. 2023;13(19):2690. DOI: [10.3390/nano13192690](https://doi.org/10.3390/nano13192690)
9. Rumyantsev VA, Frolov GA, Abdukodirov A, et al. Study of the bactericidal activity of modified dental polyalkenate cements nanoparticles of metals and their compounds. *Tver Medical Journal*. 2024;5:253-259. (In Russ.). [Румянцев В.А., Фролов Г.А., Абдукодиров А., и др. Изучение бактерицидной активности стоматологических полиалкелатных цемента, модифицированных наночастицами металлов и их соединений. *Тверской медицинский журнал*. 2024;5:253-259].
10. Rumyantseva V, Koshel E, Vinogradov V, et al. Biocide-conjugated magnetite nanoparticles as an advanced platform for bio-film treatment. *Therapeutic delivery*. 2019;10(4):241-250. DOI: [10.4155/tde-2019-0011](https://doi.org/10.4155/tde-2019-0011)

ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее выраженный бактерицидный эффект полиалкелатного цемента, модифицированного наночастицами коллоидного водного раствора магнетита, объясняется следующими факторами. Во-первых, магнитное притяжение наночастиц магнетита к микробиоте проводит к максимальной концентрации стеклоиономерного цемента в бактериальном очаге, высвобождению ионов металла и дезинтеграции бактерий, что способствует максимальному внедрению цемента в микробную массу с последующим выделением фторидов, ингибирующих рост микроорганизмов. Во-вторых, локальное ощелачивание микробных колоний за счет повышения pH, происходящего на стадии загустевания цемента, также способствует ингибированию роста микробиоты [10]. По-видимому, со временем противомикробная активность пломб из полиалкелатного цемента снижается, но такая активность наночастиц магнетита в составе свежеприготовленной пломбы может оказаться решающей в профилактике рецидивирующего кариеса зубов.

Выводы

1. Определено, что за время экспозиции 24 часа при температуре 37°C в термостате образцы ранее приготовленных пломб из полиалкелатного цемента 1–5 не показали зон задержек роста микроорганизмов.
2. Образец 6 свежеприготовленного полиалкелатного цемента показал зону задержки роста: 19 мм на чашке со *S. aureus* и 15 мм на чашке со смешанной микробиотой.
3. Полиалкелатный цемент, модифицированный коллоидным водным раствором магнетита, может быть эффективным в профилактике рецидивирующего кариеса.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
Источник финансирования. Работа выполнена по инициативе авторов без привлечения финансирования.	Study funding. The study was the authors' initiative without external funding.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	Conflict of interest. The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
Участие авторов. Румянцев В.А., Фролов Г.А. – дизайн исследования, редактирование статьи, научное руководство. Андреев А.А., Леонтьева А.В. – написание текста. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	Contribution of individual authors. Rumyantsev V.A., Frolov G.A.: research design, article editing, scientific supervision. Andreev A.A., Leontyeva A.V.: writing of the text. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.