

## АНАЛИЗ ПРОТИВОМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ СТЕКЛОИОНОМЕРНЫХ ЦЕМЕНТОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ГИДРОЗОЛЯМИ СЕРЕБРА

А. А. Андреев<sup>1</sup>, В. А. Румянцев<sup>2</sup>, Г. А. Фролов<sup>3</sup>, А. М. Абдукодилов<sup>3</sup>, А. Р. Бессуднова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> – Кафедра стоматологии, ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, г. Тверь, Россия

<sup>2</sup> – Кафедра пародонтологии, ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, г. Тверь, Россия

<sup>3</sup> – Кафедра физической химии, ФГАОУ ВО НИТУ МИСИС, г. Москва, Россия

Научный руководитель – д.м.н., профессор В.А. Румянцев

**Резюме:** в настоящее время в стоматологии остаётся актуальным вопрос создания бактерицидных пломбирочных материалов с целью предупреждения развития осложнений кариозного процесса. По результатам исследований материала «Цемион», модифицированного наночастицами металлов, было определено, что гидрозоли серебра в растворе лимонной кислоты и без неё уменьшают формирование колоний микроорганизмов до нескольких единиц спустя 72 часа экспозиции по сравнению с контролем. Поэтому целесообразно в состав цемента включать наночастицы серебра и других металлов, что может способствовать профилактике рецидивирующего кариеса.

**Ключевые слова:** стеклополиалкенадные цементы, бактерицидность, наночастицы металлов.

## ANALYSIS OF ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF STOMATOLOGICAL GLASS IONOMER CEMENTS MODIFIED WITH SILVER HYDROSOLS

A. A. Andreev<sup>1</sup>, V. A. Rumyantsev<sup>2</sup>, G. A. Frolov<sup>3</sup>, A.M. Abdukodirov<sup>3</sup>, A. R. Bessudnova<sup>2</sup>

1 – Department of Dentistry, Tver State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Tver, Russia

2 – Department of Periodontology, Tver State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Tver, Russia

3 – Department of Physical Chemistry, NUST MISIS Federal State Budgetary Educational Institution, Moscow, Russia

Scientific supervisor – Doctor of Medical Sciences, Professor V.A. Rumyantsev

**Summary:** currently, the issue of creating bactericidal filling materials in dentistry remains relevant in order to prevent the development of complications of the carious process. According to the results of studies of the "Cemion" material modified with metal nanoparticles, it was determined that silver hydrosols in a solution of citric acid and without it reduce the formation of colonies of microorganisms to several units after 72 hours of exposure compared with the control. Therefore, it is advisable to include nanoparticles of silver and other metals in the cement composition, which can contribute to the prevention of recurrent caries.

**Keywords:** glass-polyalkenate cements, bactericidal activity, metal nanoparticles.

**Введение.** В современной стоматологии остро стоит проблема разработки бактерицидных пломбирочных материалов для предотвращения осложнений кариозного процесса. Стеклоиономерные (стеклополиалкенадные) цементы являются одной из наиболее распространённых групп пломбирочных материалов, применяемых в рамках системы обязательного медицинского страхования. Они характеризуются простотой использования, хорошими адгезионными свойствами и широко применяются при лечении кариозных полостей III и V классов по Блеку, а также в малоинвазивной технике ART у детей, пожилых людей и инвалидов. Однако, эти материалы не обладают бактерицидными свойствами, что особенно важно и желательно в указанных клинических случаях. Исходя из этого, авторы работы предприняли попытку

повышения бактерицидной активности стеклополиалкенатных цементов посредством их модификации наночастицами металлов на примере материала «Цемион».

**Цель исследования:** оценка эффективности противомикробного действия стоматологических пломбировочных материалов на основе стеклополиалкенатов, модифицированных наночастицами серебра, меди, титана и их соединениями, в отношении комплексного состава бактерий зубного налёта.

**Материалы и методы.** В данной работе были синтезированы коллоидные растворы металлов и их оксидов (размер частиц от 0,5 до 3 нм) с использованием лимонной кислоты (ЛК) в качестве стабилизатора методом электроэрозионного диспергирования. Для характеристики полученных коллоидных систем были определены дзета-потенциал и размер распределения частиц дисперсной фазы с помощью анализатора «Malvern Zetasizer Nano ZS». Стоматологические стеклополиалкенатные цементы «Цемион-Аква» и «Цемион» обогащались полученными коллоидными растворами в процессе замешивания. Из каждого типа цемента, модифицированного одним типом коллоидного раствора, были изготовлены два образца пломб.

Противомикробную активность полученных образцов пломб оценивали диско-диффузионным и суспензионным методами *in vitro* с использованием культур зубного налёта, выращенных в термостате при 37°C. В качестве контрольного образца использовалась дистиллированная вода.

**Результаты и обсуждение.** Исследования демонстрируют, что стоматологические пломбы на основе стеклополиалкенатного цемента «Цемион-Аква», модифицированные коллоидными растворами гидрозоль серебра и ЛК с различной концентрацией, обладают бактерицидными свойствами в отношении микроорганизмов зубного налёта. Наиболее выраженный эффект ингибирования роста культур зубного налёта был зафиксирован у образцов № 3, 4 и 6. У образцов № 2 и 5 размеры зон ингибирования оказались меньше и составили приблизительно 1 мм в диаметре. Результаты, представленные в таблице 1, подтверждают бактерицидную активность коллоидных растворов, оцененную суспензионным методом.

Все исследуемые образцы (за исключением контрольного) продемонстрировали минимальное количество колоний микроорганизмов после 48 и 72 часов инкубации. Коллоидные растворы гидрозоль наночастиц серебра с ЛК подавляли рост микробиоты зубного налёта в течение всего периода наблюдения (до 72 часов).

Таблица 1 – Показатели противомикробной активности образцов стоматологических пломб, определённая суспензионным методом (исходная концентрация микроорганизмов –  $10^6$  КОЕ/мл)

Образцы	Концентрация лимонной кислоты в гидрозольях серебра, %	Показатели концентрации микроорганизмов (КОЕ/мл за время экспозиции)				
		0	5 мин	24 часа	48 часов	72 часа
1	0,005	$10^6$	$10^5$	ед. кол.	ед. кол.	ед. кол.
2	0,02	$10^6$	$10^5$	ед. кол.	ед. кол.	ед. кол.
3	0,04	$10^6$	$5 \cdot 10^4$	11	ед. кол.	ед. кол.
4	0,0025	$10^6$	$10^6$	$10^6$	ед. кол.	ед. кол.
5	0	$10^6$	$10^6$	$10^5$	ед. кол.	ед. кол.
6	контроль	$10^6$	$10^6$	18	20-25	150

Примечание: ед. кол. – единичные колонии

Анализ данных, представленных в таблице 1, демонстрирует, что наивысшие показатели радиальной диффузии наблюдаются у стоматологических пломб, обработанных гидрозольями серебра в растворах лимонной кислоты с концентрациями 0,04% и 0,0025%.

Размер агрегатов частиц в коллоидном растворе, использованном для обработки образца № 4, не превышает 20 нм. Можно предположить, что уменьшение размеров агрегатов частиц в коллоидных растворах способствует усилению бактерицидных свойств. Однако данная

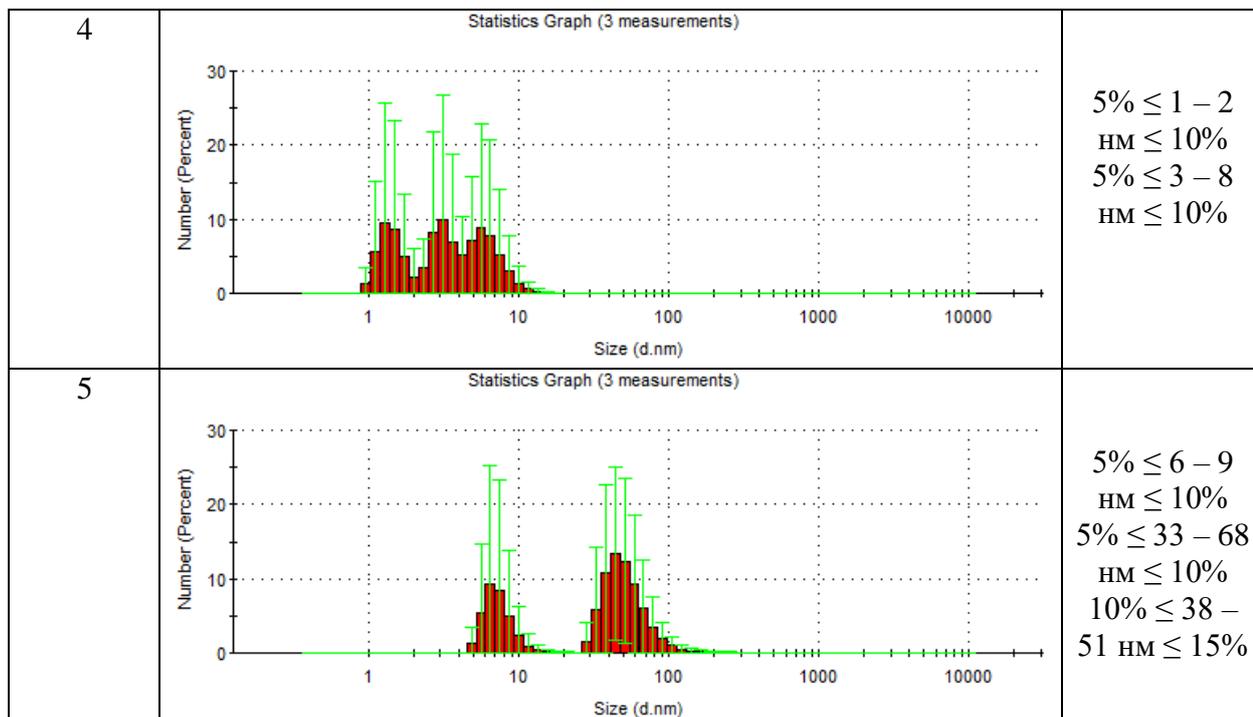
закономерность не наблюдается в образце № 1, а у коллоидного раствора, использованного для обработки образца № 3, размер агрегатов частиц превышает 100 нм.

Вероятно, повышение бактерицидной активности стоматологических пломб в ходе данного эксперимента обусловлено совокупностью факторов: концентрацией ЛК, распределением агрегатов частиц и их дзета-потенциалом. Оптимальное сочетание значений этих трёх параметров привело к увеличению бактерицидности образцов № 3 и 4.

Исследование распределения агрегатов частиц дисперсной фазы методом динамического светорассеяния показало, что образцы № 1 и № 4 демонстрируют минимальные значения (2-38 нм и 1-16 нм соответственно). Кривые распределения размеров дисперсных частиц коллоидных растворов оказались унимодальными для образцов № 2 и № 3, а полимодальными для образцов № 1, № 4 и № 5 (см. таблицу 2).

Таблица 2. Характер распределения агрегатов частиц серебра в водном растворе лимонной кислоты

Образцы №	Распределение агрегатов частиц, нм	Процент частиц в интервале
1		<p>5% ≤ 2 – 4 нм ≤ 10%</p> <p>5% ≤ 12 – 18 нм ≤ 10%</p> <p>10% ≤ 3 – 4 нм ≤ 15%</p>
2		<p>5% ≤ 164 – 531 нм ≤ 10%</p> <p>10% ≤ 220 – 295 нм ≤ 15%</p>
3		<p>5% ≤ 220 – 712 нм ≤ 10%</p> <p>10% ≤ 295 – 459 нм ≤ 15%</p>



Таким образом, проведенное лабораторное исследование показало, что добавление наночастиц металлов в стеклополиалкенадный цемент с применением стабилизаторов придаёт пломбировочному материалу выраженные противомикробные свойства. Это может способствовать профилактике рецидива кариозного процесса и его осложнений. Однако для подтверждения данного положительного эффекта необходимы дальнейшие клинические исследования.

#### Выводы

1. Исследования подтвердили, что модификация пломб из стеклополиалкенадного цемента гидрозолями наночастиц серебра, активированных лимонной кислотой в концентрациях 0,04% и 0,0025%, приводит к значительному увеличению радиуса зоны подавления роста бактерий зубного налёта на питательных средах. Увеличение составило 1,5 и 2,5 раза соответственно по сравнению с контрольными образцами.
2. Кроме того, установлено, что суспензии наночастиц серебра, дополненные лимонной кислотой, демонстрируют выраженную противомикробную активность. При этом количество колоний микроорганизмов сокращается до нескольких единиц в течение 72 часов воздействия, в то время как в контрольной группе (без лимонной кислоты) наблюдается значительно большее количество колоний.

#### Список литературы

1. Блинова А.В., Румянцев В.А., Битюкова Е.В., Родионова Е.Г., Бессуднова А.Р. Оценка антибактериального эффекта пассивной наноимпрегнации дентина корня зуба методом полимеразной цепной реакции в реальном времени. *Стоматология*. 2023. Т. 102. № 3. С. 11-15.
2. Бессуднова А.Р., Заболева Е.В., Андреев А.А. Экспериментальная оценка эффективности нового способа профилактики рецидивирующего кариеса зубов и пульпита методом гальванофоретической наноимпрегнации. *Российская стоматология*. 2024. Т. 17. № 1. С. 28-30.
3. Ge KX, Lung CY, Lam WY, Chu CH, Yu OY. A novel glass ionomer cement with Silver Zeolite for restorative dentistry. *J. Dent.* 2023. 133:104524. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2023.104524>.
4. Vilela HS, Resende MCA, Trinca RB, Scaramucci T, Sakae LO, Braga RR. Glass ionomer cement with calcium-releasing particles: Effect on dentin mineral content and mechanical properties. *Dent. Mater.* 2024. 40(2):236-243. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2023.11.005>