

**ИЗУЧЕНИЕ БАКТЕРИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ
ПОЛИАЛКЕНАТНЫХ ЦЕМЕНТОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ
НАНОЧАСТИЦАМИ МЕТАЛЛОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ**

В. А. Румянцев¹, Г. А. Фролов², А. М. Абдукодиров², А. А. Андреев³, Е. В. Заболева¹

¹ – ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, г. Тверь, Россия

Кафедра пародонтологии

² – ФГАОУ ВО НИТУ МИСИС, г. Москва, Россия

Кафедра физической химии

³ – ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, г. Тверь, Россия

Кафедра стоматологии

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

Резюме. В настоящее время в стоматологии ввиду высокой частоты возникновения рецидивирующего кариеса остается открытым вопрос о колонизации пломбировочных материалов микробиотой полости рта. В связи с этим актуальным является создание бактерицидных пломбировочных материалов с целью предупреждения развития осложнений кариозного процесса. Микробиологическими исследованиями растворов гидрозолей меди и цетилпиридиния хлорида было установлено, что эти растворы предупреждают рост колоний микроорганизмов в бактериальных суспензиях спустя 24 часа экспозиции по сравнению с контролем. По результатам исследований материала «Цемион», модифицированного наночастицами металлов, было определено, что гидрозоли серебра в растворе лимонной кислоты и без нее 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: полиалкенадные цементы, бактерицидность, гидрозоли и спиртозоли наночастиц металлов

**STUDY OF THE BACTERICIDAL ACTIVITY OF MODIFIED DENTAL
POLYALKENATE CEMENTS NANOPARTICLES OF METALS AND THEIR
COMPOUNDS**

V. A. Rumyantsev¹, G. A. Frolov², A. M. Abdukodirov², A. A. Andreev³, E. V. Zabolova¹

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

Department of Periodontics

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

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

Scientific supervisor – MD, Professor V.A. Rumyantsev

Summary. Currently, in dentistry, due to the high incidence of recurrent caries, the question of colonization of filling materials by the microbiota of the oral cavity remains open. In this regard, the creation of bactericidal filling materials is relevant in order to prevent the development of complications of the carious process. Microbiological studies of copper and cetylpyridinium chloride hydrosols have found that these solutions prevent the growth of colonies of microorganisms in bacterial suspensions after 24 hours of exposure compared with the control. 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 microbial colonies 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: polyalkenate cements, bactericidal activity, hydrosols and alcohols of metal nanoparticles

Введение. В настоящее время в стоматологии ввиду высокой частоты возникновения рецидивирующего кариеса остается открытым вопрос о колонизации пломбировочных материалов микробиотой полости рта [1-3]. В связи с этим является актуальным создание пломбировочных материалов с бактерицидными свойствами с целью предупреждения развития рецидива и осложнений кариеса [4, 5]. Одной из основных и популярных групп пломбировочных материалов, используемых для лечения кариеса в системе обязательного медицинского страхования, являются стеклоиономерные (полиалкенадные) цементы. Они достаточно просты в применении, обладают хорошими адгезионными свойствами и часто применяются при лечении кариозных полостей III и V классов, лечении малоинвазивной (ART) техникой у детей и пожилых людей, инвалидов, а также в качестве изолирующих подкладок. Однако при этом они не обладают способностью подавлять рост микробиоты, что наиболее важно в этих клинических ситуациях. В связи с этим мы попытались увеличить бактерицидность полиалкенадных цементов путем их модификации наночастицами металлов на примере материала «Цемион».

Цель исследования: лабораторная микробиологическая оценка бактерицидных свойств стоматологических полиалкенадных пломбировочных материалов, модифицированных добавками

на основе высокоэнергетических наночастиц серебра, меди, титана и их соединений в отношении смешанной микробиоты зубного налета.

Материалы и методы. Коллоидные водные и спиртовые растворы металлов и их оксидов (со средним размером частиц дисперсной фазы от 0,5 до 3 нм) со стабилизаторами получали электроэрозионным методом. В качестве стабилизаторов использовали лимонную кислоту (ЛК), цетилпиридиния хлорид (ЦПХ) и трилон Б. Дзета-потенциал и распределение частиц дисперсной фазы в растворах измеряли на анализаторе «Malvern Zetasizer Nano ZS». Стоматологические полиалкенадные цементы «Цемион-Аква» и «Цемион» насыщали коллоидными растворами во время их замешивания. Из полиалкенадного цемента, замешанного на одном виде коллоидного раствора, получали 2 образца пломб. Способность этих образцов пломб подавлять микроорганизмы зубного налета определяли диско-диффузионным и суспензионным методами в условиях микробиологической лаборатории с применением культур зубного налета, выращенных на питательных средах в термостате при 37⁰С. При изучении противомикробной активности нанопрепаратов в качестве контроля использовали дистиллированную воду.

Результаты и их обсуждение. Образцы стоматологических пломб на основе полиалкенадного цемента «Цемион-Аква», модифицированные коллоидными растворами гидрозоля серебра и ЛК с различной концентрацией, проявляют бактерицидные свойства в отношении микробиоты зубного налета. Наиболее выраженные зоны ингибирования роста культур зубного налета наблюдали у образцов № 3, 4 и 6 (рисунок 1). У образцов № 2 и 5 размеры зон ингибирования роста культур зубного налета менее выражены и численно составляют около 1 мм в диаметре.

Рисунок 2 демонстрирует подавление роста культур зубного налета образцами стоматологических пломб через 24 часа их экспозиции в чашке Петри. Величины радиальной диффузии вокруг всех образцов (кроме контрольного образца № 1) примерно равны и варьируют от 1 до 3 мм.

В таблице 1 приведены результаты исследований бактерицидных свойств коллоидных растворов, которые были определены суспензионным методом.



Рисунок 1 – Бактерицидная активность образцов модифицированных полиалкенатных пломб в отношении микробиоты зубного налета (1 – гидрозоль серебра в 0,005% растворе ЛК, 2 – гидрозоль серебра в 0,02% растворе ЛК, 3 – гидрозоль серебра в 0,04% растворе ЛК, 4 – гидрозоль серебра в 0,0025% растворе ЛК, 5 – гидрозоль серебра, 6 – контроль)

Все образцы (за исключением контроля) показали вокруг себя малые количества колоний микроорганизмов спустя 48 и 72 часа экспозиции. Коллоидные растворы гидрозолей наночастиц серебра с ЛК показали подавляющее действие на микробиоту зубного налета вплоть до 72 часов наблюдений.

Таблица 1 – Противомикробная активность образцов стоматологических пломб, определенная суспензионным методом (исходная концентрация микроорганизмов – 10^6 КОЕ/мл)

Образцы	Концентрация лимонной кислоты в гидрозолях серебра, %	Показатели концентрации микроорганизмов (КОЕ/мл за время экспозиции)				
		0 часов	мин	24 часа	48 часов	72 часа
				ед. кол.	ед. кол.	ед. кол.
				ед. кол.	ед. кол.	ед. кол.
					ед. кол.	ед. кол.
					ед. кол.	ед. кол.
	контроль				ед. кол.	ед. кол.

Примечание: ед. кол. – единичные колонии

В таблице 2 приведены результаты исследований противомикробной активности образцов пломб, определенные суспензионным методом. Показатели КОЕ при использовании гидрозолей наночастиц меди с различной концентрацией ЦПХ спустя 3 часа экспозиции, равны 10^5 , а у контрольного образца – на порядок больше.

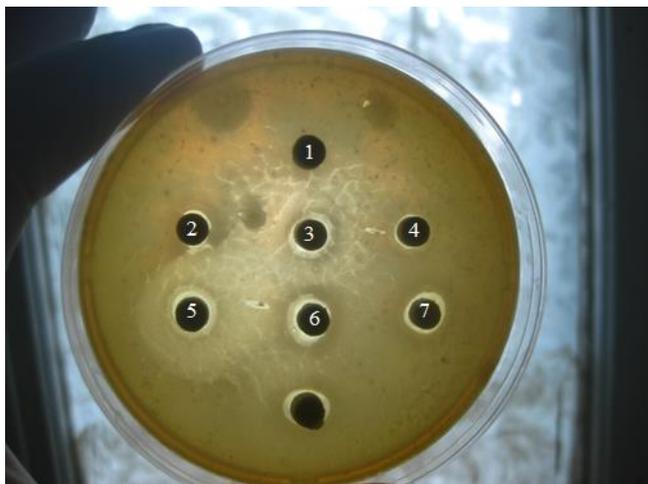


Рисунок 2 – Противомикробная активность образцов полиалкенатных пломб в отношении микробиоты зубного налета, модифицированных гидрозолями наночастиц металлов с различными стабилизирующими добавками:

- 1 – контроль (дистиллированная вода),
- 2 – гидрозоль наночастиц меди в 0,001% растворе ЦПХ,
- 3 – гидрозоль наночастиц меди в 0,003% растворе ЦПХ,
- 4 – гидрозоль наночастиц меди в 0,01% растворе ЦПХ,
- 5 – гидрозоль наночастиц меди в 0,03% растворе ЦПХ,
- 6 – гидрозоль наночастиц серебра в 0,0025% растворе ЛК,
- 7 – гидрозоль наночастиц диоксида титана в растворе трилона Б,
- 8 – спиртозоль наночастиц серебра (этиловый спирт)

Через 24 часа экспозиции колонии микроорганизмов отсутствовали у образцов № 2 и 3, а в контроле их число вернулось к начальному значению. Из таблицы видно, что увеличение концентрации ЦПХ во всех коллоидных растворах наночастиц меди увеличивает их бактерицидные свойства. Только у тестируемых образцов № 4 и 5 количество колоний микроорганизмов равнялось 10^2 и 10 , соответственно, спустя 24 часа экспозиции.

Таблица 2 – Противомикробная активность образцов стоматологических пломб, определенная суспензионным методом (начальная концентрация микроорганизмов – 10^6 КОЕ/мл)

Образцы	Концентрация цетилпиридиния хлорида в гидрозолях меди, %	Показатели концентрации микроорганизмов (КОЕ/мл за время экспозиции)	
		3 часа	24 часа
	Контроль		

Таким образом, проведенное лабораторное исследование установило, что наночастицы металлов, добавляемые в полиалкенадный цемент с использованием стабилизаторов, позволяют получить хорошие противомикробные свойства пломбирочного материала, что может способствовать профилактике рецидива кариеса и его осложнений. В то же время этот положительный эффект должен быть подтвержден и в перспективных клинических исследованиях.

Выводы.

1. Определено, что образцы пломб из полиалкенадного цемента, модифицированные гидрозолями наночастиц серебра с лимонной кислотой при ее концентрации 0,04% и 0,0025%, увеличивают радиальные величины зоны подавления роста колоний зубного налета на питательных средах в 1,5 и 2,5 раза, соответственно, по сравнению с контрольными образцами.

2. Исследования суспензионным методом противомикробной активности гидрозолей наночастиц серебра с добавлением к ним лимонной кислоты показали, что при этом уменьшается число колоний микроорганизмов до нескольких единиц вплоть до 72 часов экспозиции по сравнению с контролем (без лимонной кислоты).

3. Исследования этим же методом противомикробной активности гидрозолей меди с добавлением к ним цетилпиридиния хлорида показали, что эти растворы способствуют прекращению роста колоний микроорганизмов спустя 24 часа экспозиции по сравнению с контролем (без цетилпиридиния хлорида).

4. Установлено, что гидрозоль наночастиц серебра с добавлением лимонной кислоты в концентрации 0,0025% и спиртозоль наночастиц серебра (этиловый спирт) уменьшают количество колоний микроорганизмов до нескольких единиц спустя 3 часа экспозиции.

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. Румянцев В.А., Бессуднова А.Р., Блинова А.В., Заблочкая Н.В. Эффективность импрегнации дентина зубов наночастицами гидроксида меди-кальция при экспериментальном лечении кариеса. *Medicine science and education*. 2022. № 34. С. 51-55.

4. 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. Doi: 10.1016/j.jdent.2023.104524.

5. 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. Doi: 10.1016/j.dental.2023.11.005