

**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ВАКУУМНОЙ ТЕХНИКИ им. С.А. ВЕКШИНСКОГО»**



**ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА,
МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИЯ**

**МАТЕРИАЛЫ
XI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(МОСКВА, КВЦ «СОКОЛЬНИКИ», 2016, 12 - 14 АПРЕЛЯ)**



**VACUUM EQUIPMENT,
MATERIALS AND TECHNOLOGY**

**PROCEEDINGS
OF THE XI INTERNATIONAL CONFERENCE
(MOSCOW, SOKOLNIKI CONGRESS & EXHIBITION CENTRE,
2016, APRIL 12 - 14)**

Группа компаний ITE

Российское научно-техническое вакуумное общество

АО «Российская электроника»

Московская торгово-промышленная палата

**ОАО «Научно-исследовательский институт вакуумной
техники им. С.А. Векшинского»**

**Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана**

Российский союз научных и инженерных общественных объединений

ВАКУУМНАЯ ТЕХНИКА, МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИЯ

**МАТЕРИАЛЫ
XI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
(МОСКВА, КВЦ «СОКОЛЬНИКИ», 2016, 12 - 14 АПРЕЛЯ)**

VACUUM EQUIPMENT, MATERIALS AND TECHNOLOGY

**PROCEEDINGS OF THE XI INTERNATIONAL
CONFERENCE
(MOSCOW, SOKOLNIKI CONGRESS & EXHIBITION CENTRE,
2016, APRIL 12 - 14)**

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ

С.Б. Нестеров

Президент Российского научно-технического вакуумного общества

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА

А.М. Архаров

Профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана

А.Н. Алексеев

Директор компании ЗАО «НТО»

А.Ф. Белянин

Руководитель научных программ ОАО ЦНИТИ «Техномаш»

А.С. Бугаев

Академик

А.В. Бурмистров

Декан КНИТУ

А.В. Буторина

Профессор РНИМУ им. Н.И. Пирогова

В.А. Быков

Заместитель генерального директора НИИ физических проблем им. Ф.В.Лукина

И.А. Воробьев

Генеральный директор ОАО «НИИВТ им. С.А. Векшинского»

А.В. Горин

Руководитель научно-технического семинара

Ю.В. Гуляев

Академик, Президент Российского союза научных и инженерных общественных объединений

К.Е.Демихов

Заведующий кафедрой МГТУ им. Н.Э. Баумана

В.М.Елинсон

Профессор НИУ «МАИ»

Г.Н. Иванова

Ученый секретарь ОАО «НИИВТ им. С.А.Векшинского»

Е.Н. Капустин

Генеральный директор АО «ВАКУУММАШ»

А.А.Лисенков

Профессор СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Н.Ю.Ломунова

Директор выставки «ВакуумТехЭкспо»

А.И. Лунин

Руководитель научных программ НИУ «МЭИ»

П.П. Мальцев

Научный руководитель ИСВЧПЭ РАН

В.В. Одинокое

Директор ОАО «НИИ точного машиностроения»

Ю.В.Панфилов

Заведующий кафедрой МГТУ им. Н.Э. Баумана

М.Л. Попович

Летчик-испытатель I класса

А.К. Ребров

Академик

Л.Н.Розанов

Профессор СПбГПУ

Г.Л.Саксаганский

Главный ученый секретарь ОАО «НИИЭФА им. Д.В.Ефремова»

М.И.Самойлович

Начальник отдела ОАО ЦНИТИ «Техномаш»

В.В.Слепцов

Заведующий кафедрой НИУ «МАИ»

В.М. Шулаев

Руководитель научных программ ООО «НПП «НИТТИН»

Моделирование микробной адгезии, биодеструкции и колонизации на образцах стоматологических базисных полимеров для подтверждения защитных свойств нового покрытия из карбида кремния «Панцирь»

И.А.Воронов, *В.Н.Царев, *Е.А.Митрофанов, **А.Л.Калинин, ***С.Б.Симакин**
ГБОУ ВПО МГМСУ им. А.И. Евдокимова, Москва, ул. Делегатская, 20/1,
*Научно-исследовательский медико-стоматологический институт,
**«Русская стоматология», Москва, ул. Новокосинская, 9
***ОАО «НИИВТ им. С.А. Векшинского». 117105. Москва, Нагорный проезд, д.7
e-mail: voronov77@mail.ru

Моделирование процессов микробной адгезии, колонизации и биодеструкции на образцах базисных ортопедических полимеров *in vitro* и изучение протективных свойств покрытия «Панцирь», полученного методом ионно-плазменного напыления карбида кремния, показали что покрытие «Панцирь» из карбида кремния существенно снижает уровень первичной микробной адгезии клинически значимых штаммов, населяющих полость рта. Все исследуемые образцы базисных ортопедических стоматологических пластмасс подвержены микробной колонизации представителями грамположительной кокковой флоры, грамотрицательных бактерий пародонтопатогенной группы, дрожжевых грибов рода *Candida*. Первичная микробная адгезия и последующее формирование биоплёнки существенно различаются у материалов разных групп (акриловые пластмассы, полиуретан, силикон), что определяется физико-химическими свойствами полимеров и адгезивной способностью разных видов микроорганизмов. Применение новой технологии нанесения покрытия из карбида кремния «Панцирь» статистически достоверно снижает процессы микробной адгезии, колонизации и препятствует последующей биодеструкции, что позволяет рассматривать его как важный протективный компонент протеза.

Modeling of microbial adhesion, colonization and biodegradation processes on the basis samples made of orthopedic polymers and investigation of protective properties of the silicon carbide coating "Armor". I.A.Voronov, V.N.Tsarev, E.A.Mitrofanov, A.L.Kalinin, S.B.Simakin.

Modeling of processes of microbial adhesion, colonization and biodegradation of the samples on basis of orthopedic polymers and in vitro study of the protective properties of the coating Shell obtained by ion-plasma spraying of silicon carbide, have shown that the coating of "Armor" made of silicon carbide substantially reduces the level of microbial primary adhesion of clinically significant strains inhabiting the oral cavity. All the studied samples basic orthopedic dental plastics susceptible to microbial colonization of the representatives of the coccal gram-positive flora, gram-negative parodontopathogenic bacteria group, yeast fungi of the genus Candida. Initial microbial adhesion and subsequent biofilm formation are significantly different in different groups (acrylic resin, polyurethane, silicone) that is determined by the physico-chemical properties of polymers and adhesive ability of different types of microorganisms. The application of new technology of coating of silicon carbide of a crust significantly reduces the processes of microbial adhesion, colonization and prevents subsequent biodestruction, that allows to consider it as an important protective component of the prosthesis.

Введение

Для изготовления зубных, зубочелюстных протезов предложена методика ионно-плазменного напыления карбида кремния SiC, которая впервые проведена с использованием аппаратов лаборатории ионно-плазменного напыления на базе высоковакуумного агрегата М 3.000.000 НИИ Вакуумной Техники им. С.А.Векшинского (ОАО «НИИВТ им. С.А. Векшинского», г. Москва). Разработанное ионно-плазменное покрытие зубных протезов карбидом кремния получило рабочее название «Панцирь». Технология напыления запатентована сотрудниками лаборатории [4, 9].

По данным проведённых исследований покрытие «Панцирь» существенно повышает прочностные характеристики базисов ортопедических конструкций, снижает микробную адгезию, улучшает биосовместимость и повышает устойчивость базисов к деструкции (коррозии) [4,8,11,12].

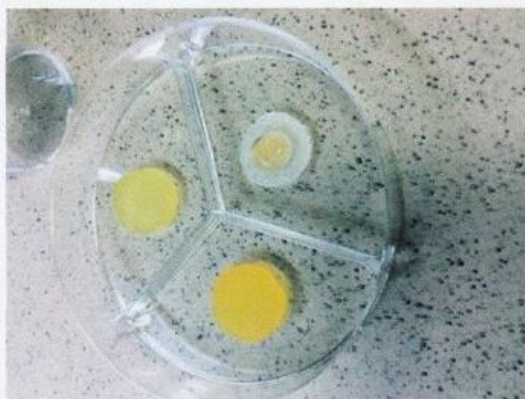
Вместе с тем, следует отметить, что акриловые пластмассы и другие базисные полимеры являются прекрасным субстратом для микробной колонизации, однако, в отечественной литературе имеются лишь единичные исследования взаимодействия базисных материалов с микробной биоплёнкой, возникающей в условиях текучей среды полости рта [2,3,6,10]. Что касается исследования формирования биоплёнок и процессов последующей биодеструкции исследуемого покрытия из карбида кремния, то такие работы вообще не проводились, что и явилось основанием для проведения нашего исследования.

Цель исследования: моделирование процессов микробной адгезии, колонизации и биодеструкции на образцах базисных ортопедических полимеров *in vitro* и изучение протективных свойств покрытия «Панцирь», полученного методом ионно-плазменного напыления карбида кремния.

Материалы и методы. Проведены испытания образцов материалов для изготовления зубных протезов (всего 6 базисных материалов), представляющих собой производные полиакриловых пластмасс («Фторакс»; АО «Стома», Украина; «Acry-Free»; Perflex LTD, Израиль; «Quattro Ti Dental D»; Quattro Ti S.r.l, Италия), полиуретана («Денталур» ; ОАО НИИР Россия) и силикона («Valplast»; Valplast Int Corp. США, «Molloplast-B»; Detax Dental GmbH & Co.KG, Германия). Проводили индексную оценку первичной микробной адгезии и сканирующую электронную микроскопию формирования биоплёнки на стандартных образцах данных материалов. В экспериментах *in vitro* использовали различные тест-штаммы микробов: 1- тест-штаммы пародонтопатогенной группы бактерий – клинические изоляты, выделенные из пародонтальных карманов больных пародонтитом (*Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum*), 2 – тест-штаммы условно-патогенной группы бактерий – референтный штамм *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, клинический изолят *Streptococcus sanguinis*, 3 – тест-штаммы дрожжевых грибов – референтные штаммы *Candida albicans* NCTC 885-653 и *Candida Krusei* ATCC 24408. Выбор штаммов микроорганизмов определялся их значимостью в развитии воспалительных процессов полости рта, а постановка эксперимента первичной адгезии соответствовала общепринятому алгоритму [5, 10]. Для проведения методики оценки первичной адгезии, идентичные исследуемые образцы стоматологических материалов размером 1х1 см помещали в чашку Петри; затем на поверхность наносили взвесь суточной культуры микроорганизмов тест-штаммов в количестве 100 мкл (рис. 1).

Для обработки ультразвуком использовали ультразвуковую ванну «Ultra-Est-M» (НПФ «Геософт», Россия).(рис. 2, 3).

После завершения культивирования с помощью исследовательского стереомикроскопа Eclips («Nikon», Япония) подсчитывали количество колоний, выросших на питательных средах (рис. 4).



*Рис. 1. Нанесение взвеси тест-штамма *Candida albicans* NCTC 885-653 на образцы базисных стоматологических материалов.*



Рис. 2. Перенос образца с нанесённым тест-штаммом в ёмкость для последующей ультразвуковой обработки.



Рис. 3. Обработка образца стоматологической пластмассы с тест-штаммом в ультразвуковой ванночке «UltraEst-M» (ООО «Геософт», РФ).

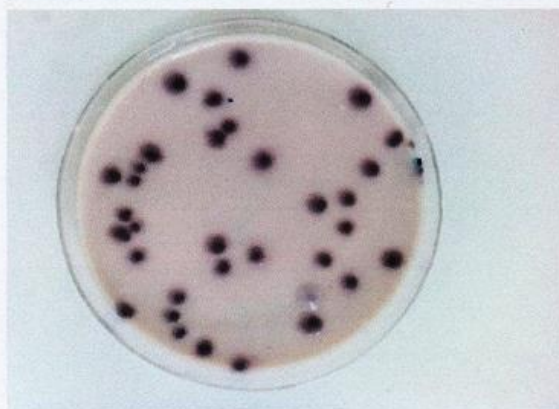


Рис. 4. Рост колоний штамма *Candida albicans* NCTC 885-653 на хромогенной среде после ультразвуковой обработки образца (количественный посев – 40×10^2 КОЕ).

Для дальнейшего изучения процесса взаимодействия бактерий (колонизация, формирование биоплёнки и биодеструкция) с образцами зубных протезов из различных базисных пластмасс с покрытием «Панцирь» и без покрытия был использован референс-штамм *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, патогенетически значимый микроорганизм в реализации воспалительных процессов в полости рта. Концентрация бактерий в суточной бульонной культуре составляла 10^4 кл/мл [1, 4]. Для решения поставленных задач была проведена инкубация с бульонной культурой *S.aureus* в концентрации 10^4 кл/мл в жидкой питательной среде Luria-Bertani, в термостате в течение 24, 48 час, 7, 18 суток при температуре 37°C образцов зубных протезов из 6 базисных пластмасс и проведено изучение в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ). Всего подготовлено и изучено в СЭМ исследованиях: 108 образцов зубных протезов. На рис. 5, представлен общий дизайн данного исследования.



Рис. 5. Общий дизайн микробиологического исследования формирования биоплёнки.

Результаты экспериментального исследования. При оценке первичной адгезии микробиоты полости рта установлено, что образцы материала «Фторакс» без покрытия, взятые в качестве контроля, отличались достоверно более высоким индексом адгезии всех штаммов, кроме *Fusobacterium nucleatum*. Самый высокий уровень адгезии отмечен для грамположительных кокков – клинического изолята *Streptococcus sanguinis* и референс-штамма *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 - $0,95 \pm 0,05$ и $0,92 \pm 0,04$, адгезивная активность которых к образцам без покрытия превышала таковую у пародонтопатогенного вида *Porphyromonas gingivalis* и дрожжевых грибов рода *Candida* (Таблица 1).

Таблица 1. Значения индексов первичной адгезии микробной флоры полости рта (I_a) к образцам стоматологических (базисных) пластмасс без покрытия и с покрытием «Панцирь»

Образцы базисных пластмасс	<i>Porphy. gingivalis</i>	<i>Fusobact. nucleatum</i>	<i>Staphyl. aureus</i>	<i>Strept. sanguinis</i>	<i>Candida albicans</i>	<i>Candida Krusei</i>
«Фторакс» без покрытия (контроль) ●	$0,67 \pm 0,04$	$0,32 \pm 0,04$ -	$0,92 \pm 0,04$ +	$0,95 \pm 0,05$ +	$0,61 \pm 0,05$	$0,86 \pm 0,04$ +
«Фторакс» с покрытием «Панцирь»						
200 нм	$0,59 \pm 0,03$	$0,29 \pm 0,03$	$0,70 \pm 0,04$ *	$0,79 \pm 0,03$ *	$0,59 \pm 0,04$	$0,62 \pm 0,04$ *
400 нм	$0,41 \pm 0,04$ *	$0,24 \pm 0,04$ *	$0,64 \pm 0,04$ *	$0,74 \pm 0,05$ *	$0,51 \pm 0,05$ *	$0,56 \pm 0,03$ *
800 нм ●	$0,39 \pm 0,04$ *	$0,22 \pm 0,03$ *	$0,39 \pm 0,03$ *	$0,42 \pm 0,04$ *	$0,44 \pm 0,04$ *	$0,43 \pm 0,03$ *
«Денталур» без покрытия (контроль)	$0,59 \pm 0,05$	$0,26 \pm 0,03$ -	$0,86 \pm 0,05$ +	$0,83 \pm 0,05$ +	$0,33 \pm 0,02$ -	$0,61 \pm 0,04$
«Денталур» с покрытием	$0,33 \pm 0,04$ *	$0,19 \pm 0,02$ *	$0,44 \pm 0,04$ *	$0,49 \pm 0,03$ *	$0,23 \pm 0,02$ *	$0,39 \pm 0,03$ *
Moloplast-B» без покрытия ●	$0,37 \pm 0,04$	$0,27 \pm 0,04$ -	$0,61 \pm 0,05$ +	$0,67 \pm 0,05$ +	$0,44 \pm 0,05$	$0,65 \pm 0,04$ +
Moloplast-B» с покрытием ●	$0,25 \pm 0,03$ *	$0,17 \pm 0,04$ *	$0,32 \pm 0,04$ *	$0,34 \pm 0,03$ *	$0,28 \pm 0,03$ *	$0,37 \pm 0,04$ *
«Асгу-Free» без покрытия	$0,46 \pm 0,04$	$0,36 \pm 0,05$ -	$0,65 \pm 0,05$ +	$0,66 \pm 0,04$ +	$0,49 \pm 0,03$	$0,79 \pm 0,05$ +
«Асгу-Free» с покрытием	$0,36 \pm 0,02$ *	$0,18 \pm 0,03$ *	$0,38 \pm 0,04$ *	$0,39 \pm 0,02$ *	$0,36 \pm 0,02$ *	$0,38 \pm 0,03$ *
«Quattro Ti» без покрытия	$0,65 \pm 0,05$	$0,45 \pm 0,04$ -	$0,85 \pm 0,05$ +	$0,93 \pm 0,05$ +	$0,63 \pm 0,04$	$0,61 \pm 0,05$
«Quattro Ti» с покрытием	$0,35 \pm 0,03$ *	$0,31 \pm 0,03$ *	$0,37 \pm 0,04$ *	$0,46 \pm 0,05$ *	$0,35 \pm 0,03$ *	$0,36 \pm 0,04$ *
«Valplast» без покрытия	$0,51 \pm 0,04$	$0,32 \pm 0,04$ -	$0,53 \pm 0,05$	$0,41 \pm 0,05$ -	$0,56 \pm 0,05$	$0,59 \pm 0,05$
«Valplast» с покрытием	$0,31 \pm 0,03$ *	$0,23 \pm 0,03$ *	$0,21 \pm 0,04$ *	$0,23 \pm 0,03$ *	$0,31 \pm 0,04$ *	$0,35 \pm 0,04$ *

Примечания:

* статистически достоверная разница ($P < 0,05$) при сравнении значений по вертикали - без покрытия и с покрытием «Панцирь»

- статистически достоверное снижение при сравнении значений по горизонтали со столбцом 1

+ статистически достоверное повышение при сравнении значений по горизонтали со столбцом 1.

Иная картина наблюдалась при тестировании образцов материала «Фторакс» с покрытием «Панцирь», причём снижение адгезии бактерий и грибов коррелировало с

толщиной покрытия. При толщине 200 нм наблюдали достоверное снижение адгезии большинства тест-штаммов, кроме *Fusobacterium nucleatum* и *Candida albicans*, по сравнению с исходными значениями. При толщине 400 нм наблюдали достоверное снижение адгезии всех тест-штаммов, а при толщине 800 нм значения индексов адгезии, как правило, достоверно отличались не только от исходных, но и от полученных при толщине 200 нм ($P < 0,05$).

Аналогичная картина наблюдалась для образцов других материалов с некоторыми особенностями. Так, полимер полиуретана «Денталур» и «Moloplast-B» отличались более низким уровнем адгезии анаэробных штаммов и дрожжевых грибов *Candida albicans* NCTC 885-653, но не *Candida Krusei* ATCC 24408, при сохраняющемся высоком уровне адгезии грамположительных кокков - *Streptococcus sanguinis* и референс-штамма *Staphylococcus aureus* ATCC 29213. После нанесения покрытия индексы адгезии достоверно снижались для всех тест-штаммов.

Довольно высокие показатели адгезии грамположительных кокков и грибов отмечены для материалов «Acry-Free» и, особенно, для «Quattro Ti» без покрытия, причём наиболее высокие индексы выявлены у грамположительных кокков и дрожжевых грибов *Candida albicans* NCTC 885-653 и *Candida Krusei* ATCC 24408. Так, индексы адгезии клинического изолята *Streptococcus sanguinis* и референс-штамма *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 составляли $0,85 \pm 0,05$ и $0,93 \pm 0,05$ соответственно. Однако при нанесении покрытия наблюдалось снижение индексов адгезии этих и тест-штаммов других видов в пределах от 1,5 до 2,5 раз ($P < 0,05$).

Следовательно, покрытие «Панцирь» из карбида кремния существенно снижает уровень первичной микробной адгезии клинически значимых штаммов, населяющих полость рта.

Вместе с тем, показано, что исход взаимодействия макроорганизма и зубного протеза, колонизированного микробной флорой, определяется формированием биоплёнок («биобрастание») и их деструктивным действием на базисный материал («биодеструкция») [2, 7, 10].

Для оценки формирования биоплёнки и изучения процессов биодеструкции мы использовали разработанную нами экспериментальную модель с референтным штаммом *Staphylococcus aureus* ATCC 29213. Концентрация бактерий в суточной бульонной культуре при проведении данного исследования составляла 10^4 кл/мл. Данный раздел работы был выполнен нами совместно с Автандиловым Г.А., Диденко Л.В., Смирновой Т.А., Шевлягиной Н.В. на базе лаборатории анатомии микроорганизмов ФГБУ Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Почетного академика Н.Ф. Гамалеи Министерства здравоохранения России (зав. лабораторией - д.м.н. Л.В. Диденко).

Проведена инкубация образцов зубных протезов из 6 базисных пластмасс с бульонной культурой *S. aureus* в концентрации 10^4 кл/мл в жидкой питательной среде Luria-Bertani, в термостате в течение 24, 48 час, 7, 18 суток при температуре 37°C и проведено изучение в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ). Для каждого исследования было подготовлено по 3 образца каждой базисной пластмассы на каждый срок инкубации, а из пластмассы «Фторакс» - 12 образцов (по 3 для каждой толщины покрытия). Всего подготовлено и изучено в СЭМ исследованиях: 108 образцов зубных протезов. Поверхность образцов зубных протезов была изучена с помощью двулучевого сканирующего электронного микроскопа Quanta 200 3D (FEI Company, USA) в режимах высокого и низкого вакуума при ускоряющих напряжениях 5,10, 25 кВ.

Результаты исследования с применением СЭМ показали, что на 7-е сутки инкубации на поверхности образца появлялась биопленка, которая распространялась на всю поверхность образца к 18-и суткам культивирования (рис. 6 и 7).

Так, через 7 суток инкубации в образцах зубных протезов из материала «Фторакс» с покрытием «Панцирь» адгезия и формирование микроколоний стафилококков наблюдались только в отдельных участках поверхности, как правило, в углублениях между отдельными выступающими над поверхностью крошечными структурами. Следует отметить, что при малой толщине (200 нм) покрытия участков поверхности, на которых обнаруживались бактерии, было значительно больше, чем при средней (400 нм) и большой толщине покрытия (800 нм). Через 18 суток культивирования биоплёнку определяли практически на всей поверхности изученных образцов из материала «Фторакс», причём выявлялись микроколонии бактерий, покрытые матриксом биоплёнки (биообрастание).

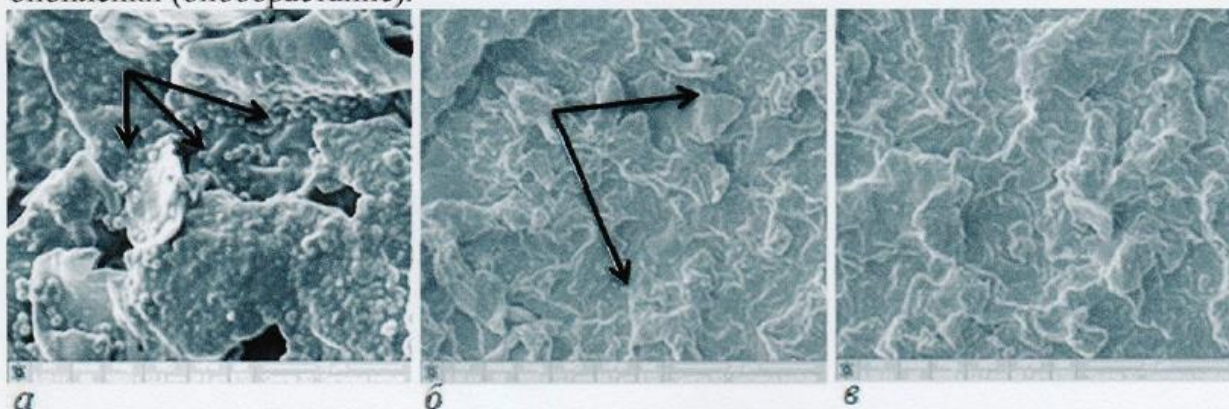


Рис. 6. «Фторакс» с покрытием, инкубация со *S. aureus* 7 суток: а — покрытие «тонкое» 200 нм, $\times 10000$ (множественные очаги колонизации); б — «среднее» 400 нм, $\times 5000$ (единичные очаги колонизации); в — «толстое» 800 нм, $\times 5000$ (отсутствие признаков колонизации).

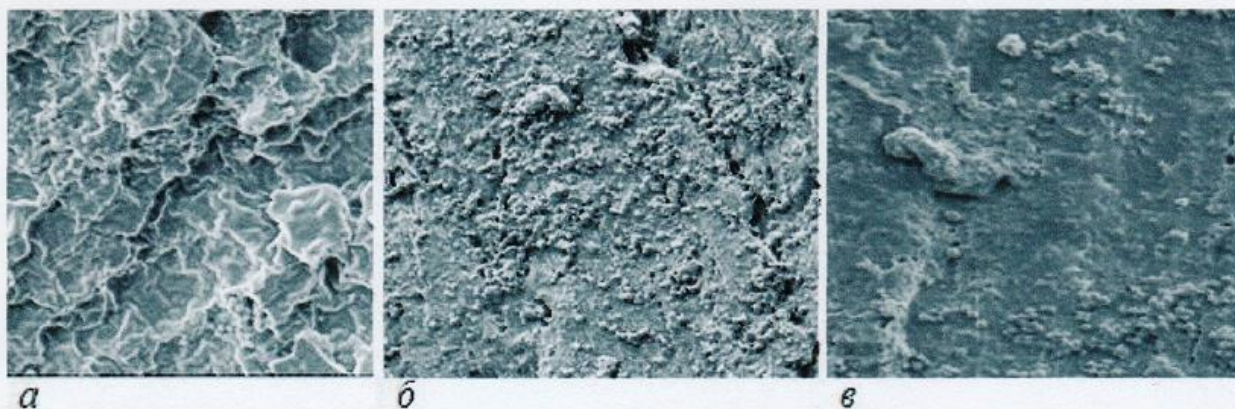


Рис. 7. «Фторакс» с покрытием инкубация со *S. aureus* 18 суток: а — покрытие «тонкое» 200 нм, $\times 5000$ (сплошная складчатая структура биоплёнки); б — «среднее» 400 нм, $\times 5000$ (множественные очаги колонизации); в — «толстое» 800 нм, $\times 10000$ (единичные очаги колонизации).

В отличие от контрольных образцов «Фторакс» биопленка на покрытии карбидом кремния к 7-м суткам практически не образовывалась и при СЭМ не выявлялись очаги биодеструкции. К 18-м суткам определяли незначительные скопления микробов без выраженного матрикса, которые в последующем не прогрессировали, то есть биообрастание оставалось на низком уровне.

На диаграмме (рис. 8), наглядно видны существенные изменения величины биообрастания образцов зубных протезов из материала «Фторакс» без покрытия и с покрытием различной толщины. Нанесение на образцы зубных протезов из пластмассы «Фторакс» покрытия «Панцирь» толщиной всего 200 нм давало снижение показателя

биообрастания поверхности в 4 раза. При удвоенной толщине покрытия «Панцирь» (400 нм) показатель биообрастания снижался еще почти в 4 раза, достигая 15 раз. При толщине покрытия «Панцирь» 800 нм биообрастание образцов зубных протезов из пластмассы «Фторакс» снижалось в 28,6 раза.

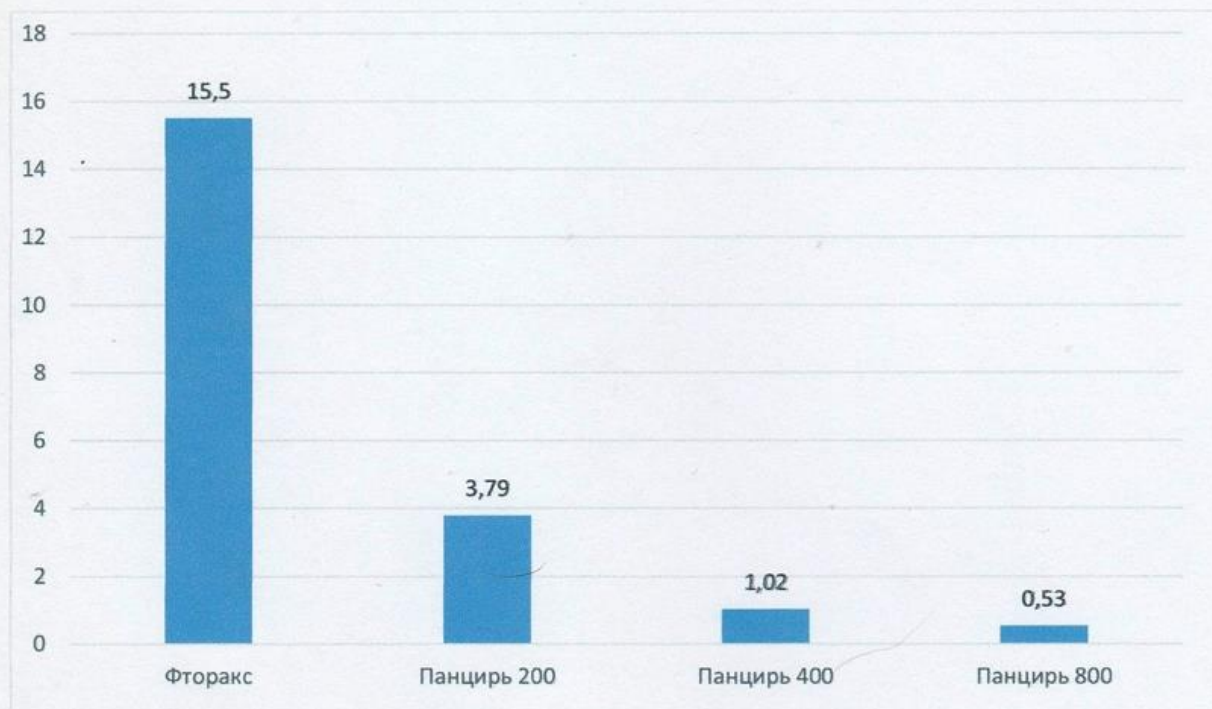


Рис. 8. Динамика (%) колонизации (биообрастания) образцов зубных протезов из пластмассы «Фторакс» после нанесения покрытия «Панцирь» различной толщины. Инкубация с *S. aureus* 7 сут.

Таким образом, можно сделать заключение, что покрытие «Панцирь» существенно снижает уровень первичной микробной адгезии клинически значимых штаммов и последующее формирования микробной биоплёнки. Проведённые электронно-микроскопические исследования показали, что образцы зубных протезов из изученных базисных материалов с покрытием «Панцирь» относительно образцов без покрытия хуже колонизируются биоплёнкопродуцирующим штаммом стафилококков и практически не подвергаются биодеструкции. Этот эффект, как и антиадгезивные свойства оказались различными у разных базисных материалов.

По-видимому, структура SiC не позволяет белкам и жидкостям проникать сквозь наноструктурированную поверхность, а также не пропускает ионы металлов и крупные молекулы изнутри [13]. Как показала СЭМ поверхность с исследуемым покрытием оказалась более гладкой, чем без такового, что, как установлено, играет ведущую роль в процессах микробной адгезии и колонизации [10].

Описанные свойства, несомненно, делают покрытия из SiC перспективными в ортопедической стоматологии, так как можно предполагать их изолирующую роль, предотвращающую выделение остаточного мономера и адсорбцию жидкости в базовый материал, а также ухудшающую прикрепление микроорганизмов на поверхность протезов [8].

Полученные нами результаты позволяют не только обосновать выбор того или иного материала, но также прогнозировать целесообразность его использования у конкретного пациента с учётом его индивидуального микробиоценоза, то есть доминирования пародонтопатогенных анаэробов (пародонтит), грамположительных

кокков (стоматит) или грибов рода *Candida* (кандидоз). Полученные данные позволяют расширить наши представления о персонифицированном подходе к применению стоматологических полимеров для изготовления базисов зубных протезов [3, 7, 10].

Выводы. Применение новой технологии нанесения покрытия из карбида кремния «Панцирь» статистически достоверно снижает процессы микробной адгезии, колонизации и препятствует последующей биодеструкции, что позволяет рассматривать его как важный протективный компонент протеза. Первичная микробная адгезия и последующее формирование биоплёнки существенно различаются у материалов разных групп (акриловые пластмассы, полиуретан, силикон), что определяется физико-химическими свойствами полимеров и адгезивной способностью разных видов микроорганизмов.

Результаты. Установлено, что покрытие «Панцирь» из карбида кремния существенно снижает уровень первичной микробной адгезии клинически значимых штаммов, населяющих полость рта. Все исследуемые образцы базисных ортопедических стоматологических пластмасс подвержены микробной колонизации представителями грамположительной кокковой флоры («зеленящий» стрептококк, золотистый стафилококк), грамотрицательных бактерий пародонтопатогенной группы (порфиромонас, фузобактерии), дрожжевых грибов рода *Candida*. Первичная микробная адгезия и последующее формирование биоплёнки существенно различаются у материалов разных групп (акриловые пластмассы, полиуретан, силикон), что определяется физико-химическими свойствами полимеров и адгезивной способностью разных видов микроорганизмов.

Литература

1. Автандилов, Г.А. Биодеструкция зубных протезов из полимерных материалов: экспериментальное исследование: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.14 / Г.А. Автандилов. - М., 2013. - 24 с.
2. Автандилов Г.А., Воронов И.А., Лебеденко И.Ю., Диденко Л.В., Смирнова Т.А., Шевлягина Н.В., 2015]. Стафилококки в ротовой полости и их роль в биодеструкции съемных неметаллических протезов / Г.А. Автандилов, И.А. Воронов, И.Ю. Лебеденко и др. // Российский стоматологический журнал. - 2015. - № 1. - С. 14-20.
3. Аругюнов С.Д., Царев В.Н., Ипполитов Е.В. и др / Формирование биопленки на временных зубных протезах: соотношение процессов первичной микробной адгезии, коагрегации и колонизации /. // Стоматология. - 2012. - Т. 91, № 5. - С. 5-10.
4. И.А. Воронов, Е.А. Митрофанов, А.Л. Калинин и др. / Разработка нового покрытия из карбида кремния для защиты зубных протезов от биодеструкции // Российский стоматологический журнал. - 2014. - № 1. - С. 4-9.
5. Давыдова М.М., Плахтий Л.Я., Царёв В.Н. Экспериментальные методы изучения адгезии микроорганизмов к стоматологическим материалам / в кн.: Микробиология, вирусология и иммунология полости рта // под ред. проф. Царёва В.Н. – М.: ГЭОТАР-Медиа. – 2013. – С. 260-266.
6. Зайченко О.В. Оценка колонизации акриловых пластмасс, используемых при зубном протезировании, условно-патогенными микроорганизмами в эксперименте *in vitro* / О.В. Зайченко, Н.Д. Новикова, В.К. Ильин // Российский стоматологический журнал. - 2005. – № 3. - С. 19-22.
7. Лебеденко И.Ю., Элинсон В.М., Тиганова И.Г., Романова Ю.М., Ипполитов Е.В. Микробная колонизация и формирование биоплёнок на полимерных материалах медицинского назначения как основа персистенции микроорганизмов при заболеваниях полости рта. // ЖМЭИ. - 2015. - №5. – С. 64-69;

8. Лебедеко И.Ю., Воронов И.А. Оценка защитных свойств покрытия «Панцирь» из карбида кремния от потенциально опасных продуктов миграции из стоматологических пластмасс «Quattro Ti» и «Molloplast-B» для базиса протезов // Российский стоматологический журнал. - 2014. - № 6. - С. 4-8. /
9. Пат. 2540227 Российская Федерация. Способ формирования тонкопленочного защитного покрытия на базисах съемных зубных протезов, obtураторах и компонентах челюстно-лицевых протезах/ А.Л. Калинин, Е.А. Митрофанов, С.Б. Симакин. - № заявки 2013127770/02; заявл 19.06.2013 г. – [электронный ресурс.] – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/254/2540227.html>
10. Царёв В.Н., Ипполитов Е.В., Трефилов А.Г., Арутюнов С.Д., Пивоваров А.А. Особенности адгезии анаэробных пародонтопатогенных бактерий и грибов *C. albicans* к экспериментальным образцам базисной стоматологической пластмассы в зависимости от шероховатости поверхности и способа полировки // ЖМЭИ. – 2014. - №6. – С. 21-27;
12. 233. González, P. New biomorphic SiC ceramics coated with bioactive glass for biomedical applications / P. González // *Biomaterials*. - 2003. - Vol. 24, N 26. - P. 4827-4832.
13. 249 Harder, C. Coating of vascular stents with antithrombogenic amorphous silicon carbide / C. Harder, A. Rzany, M. Schaldach // *Prog. Biomed. Res.* - 1999. - N 4. - P. 71-77.