

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Хафизова Ф.А., Миргазизов Р.М., Хафизов И.Р., Ульянов Ю.А.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИХ УСТОЙЧИВОСТЬ К БИООБРАСТАНИЮ

ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, г. Казань, Российская Федерация

**Введение.** Исследовано образование биопленок микроорганизмами ротовой полости на поверхности различных конструкционных стоматологических материалов. Проводилось заселение бактериями ротовой полости стерильных образцов базисных пластмасс Flexistron Plus, Dentalos Plus, PEEK, используемых в стоматологической ортопедической практике при протезировании.

**Материал и методы.** Выявлена разница в количестве колониеобразующих единиц бактерий по методике Drop plate в зависимости от структуры и типа пластмасс, а также от их механической очистки.

**Результаты.** Также образцы пластмасс были изучены с помощью атомно-силовой микроскопии, которая позволила обнаружить различия в микроструктуре и микро рельефе всех видов пластмасс и продемонстрировать рост бактерий на пластмассах до и после механической очистки их поверхностей зубной щеткой.

**Заключение.** Выявленные факты усиления микробного загрязнения после механической обработки поверхности полимерных материалов требуют дополнительной их облицовки более твердыми материалами или создания на основе этих полимеров новых композитов с высокой гигиенической адекватностью.

**Ключевые слова:** биообращание; биопленки; Drop plate; стоматологические полимерные конструкционные материалы; ПЭЭК.

**Для цитирования:** Хафизова Ф.А., Миргазизов Р.М., Хафизов И.Р., Ульянов Ю.А. Эффективность очистки стоматологических конструкционных полимерных материалов и их устойчивость к биообращанию. Российский стоматологический журнал. 2020;24(4):206-210. <http://doi.org/10.17816/1728-2802-2020-24-4-206-210>

Khafizova F.A., Mirgazizov R.M., Khafizov I.R., Ulyanov Yu.A.

EFFICIENCY OF CLEANING DENTAL STRUCTURAL POLYMER MATERIALS AND THEIR RESISTANCE TO BIOFOULING

Kazan (Volga) Federal University, 420008, Kazan, Russian Federation

**Aim.** The formation of biofilms, involving microorganisms from the oral cavity, on the surface of various structural dental materials was investigated. Flexistron Plus, Dentalos Plus, and PEEK are used in dental orthopedic practice for prosthetics.

**Materials and methods.** The difference in quantity depends on the structure and type of plastics, as well as on their mechanical cleaning. All the plastic samples were obtained using atomic force microscopy, which made it possible to detect differences in the microstructure and microrelief of all the types of plastics and to demonstrate bacterial growth on plastics before and after the mechanical cleaning of their surfaces with a toothbrush.

**Conclusion.** The revealed facts of increased microbial contamination after the mechanical treatment of the surface of polymer materials suggest the need for additional lining with harder materials or the creation of new composites based on these polymers with high hygienic adequacy.

**Keywords:** Biofouling; biofilms; Drop plate; dental polymer structural materials; PEEK.

**For citation:** Khafizova F.A., Mirgazizov R.M., Khafizov I.R., Ulyanov Yu.A. Efficiency of cleaning dental structural polymer materials and their resistance to biofouling. Rossiyskii stomatologicheskii zhurnal. 2020;24(4):206-210. <http://doi.org/10.17816/1728-2802-2020-24-4-206-210>

**For correspondence:** Irek Raisovich Hafizov, orthopedic dentist, E-mail: [khafizovirek@mail.ru](mailto:khafizovirek@mail.ru)

**Acknowledgements.** The study had no sponsorship.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Received 23.05.2020

Accepted 16.06.2020

### Введение

Различные материалы, включая металлы, керамику, полимеры и композиты, широко используются в стоматологической практике для восстановления поврежденных зубов и изготовления зубных протезов [1, 2]. За последнее десятилетие были разработаны полимерные материалы (ПМ) для зубных протезов с высокой стабильностью, отличными механическими свойствами и биосовместимостью [3]. По

сравнению с металлами полимерные материалы для зубных протезов характеризуются низкой токсичностью, низкой себестоимостью и простотой в обработке [4, 5]. Полимерные материалы предлагаются в качестве основы для съемных зубных протезов на основе акриловой смолы и для условно-съемных зубных протезов с опорой на интегрированные дентальные имплантаты [6, 7]. Акриловая смола на основе полиметилметакрилата (ПММА) является одной из самых популярных стоматологических пласт-

**Для корреспонденции:** Хафизов Ирек Раисович, врач-стоматолог-ортопед E-mail: [khafizovirek@mail.ru](mailto:khafizovirek@mail.ru)

масс, используемых в качестве базисов для зубных протезов [8, 9]. Некоторые полимерные материалы имеют механические и биофизические свойства, близкие к свойствам человеческой кости, и не вызывают аллергических реакций. В последнее время в качестве пластикового субстрата для основы зубных протезов широко применяется полиэфир-эфир-кетон (РЕЕК) [10]. РЕЕК обладает высокой прозрачностью для рентгеновских лучей, и он легко визуализируется. Кроме того, эластичность этих пластиков больше похожа на кортикальную кость, чем на металлы [11]. Поверхность пластикового зубного протеза имеет тенденцию накапливать налет в полости рта. Многие из вышеперечисленных ПМ имеют ряд недостатков как стираемость и повреждение от различных факторов окружающей среды: термический, окислительный и гидролитический [12]. Одним из наиболее важных повреждающих факторов является образование биопленки бактериями полости рта на их поверхностях [13–15]. Процесс создания сложного сообщества микроорганизмов на поверхности прикрепления в виде биопленки известен как биологическое обрастание, или микрообрастание. Биопленки полости рта представляют собой агрегаты микроорганизмов, которые образуются в результате прикрепления клеток друг к другу и/или к поверхности хозяина в водной среде [16]. Ацидогенные бактерии полости рта производят органические кислоты, которые могут разрушать реставрационные материалы для зубов [17]. Особую обеспокоенность вызывает тот факт, что процесс деградации этих материалов может способствовать возникновению рецидивирующего кариеса [18]. Следовательно, способность материалов противостоять биопленкам является важным требованием для их клинической эффективности. Поскольку в настоящее время полимерные материалы конкурируют с металлическими материалами, важно понимать их устойчивость к загрязнению и поведение полимеров после очистки [19, 20].

## Материал и методы

Было использовано три полимерных материала — Flexistrong Plus (Dental plus), Dentalos Plus (Dental plus), РЕЕК (Dental plus) для оценки их устойчивости к биологическому обрастанию. Образцы готовили в виде кусков размером  $10 \times 20 \times 2$  мм с полированной поверхностью с одной стороны для имитации структуры поверхности готового зубного протеза и стерилизовали в 96% этаноле в течение 12 ч.

## Бактерии и условия роста

Биологическое обрастание полимеров осуществляли в среде (ВМ) (глюкоза 5 г, пептон 7 г,  $MgSO_4 \times 7H_2O$  2,0 г и  $CaCl_2 \times 2H_2O$  0,05 г в 1,0 воды [21]) с добавлением 15% (по объему) овечьей крови (ББМ-бульон). Для подсчета КОЕ использовали агар LB, дополненный 15% (по объему) крови овец (BLB-

агар). Для биологического обрастания был использован ряд изолятов *S. mutans*.

## Атомно-силовая микроскопия

Для АСМ-визуализации на воздухе образцы фиксировали в течение 6 ч глутаральдегидом (0,1% водный раствор), затем осторожно промывали чистой водой и высушивали на воздухе [22]. Изображения с помощью атомно-силовой микроскопии были получены с использованием сканирующего зондового микроскопа Dimension Icon (Bruker, США), работающего в режиме PeakForce Tapping™. Сканирующие датчики Asyst-Air (Bruker), имеющие номинальную длину 115 мкм, радиус наконечника 2 нм, постоянную пружины 0,4 Нм были использованы повсеместно. Изображения были получены при сканировании в 512 строк при частоте сканирования 0,8–0,9 Гц. Полученные необработанные данные визуализации АСМ были обработаны и проанализированы с использованием программного обеспечения NanoScope Analysis v.1.7 (Bruker).

## Drop plate (подсчет КОЕ)

Для оценки количества бактериальных клеток, оставшихся адгезированными к поверхности полимеров, образцы из механически очищенных пластиков отбирали стерильными ватными палочками и подвергали 10-кратным разведениям в 0,9% хлориде натрия, в трех технических повторях. Из каждого разведения по 5 мкл нанесли на чашки с BLB средой и подсчитывали КОЕ из тех образцов, которые содержали 5–10 колоний на каплю [23, 24].

## Статистический анализ

Эксперименты проводились в трех биологических экземплярах (т. е. вновь приготовленных культурах и среде) с тремя независимыми повторами в каждом. Статистическую значимость результатов оценивали с помощью критерия знаковых рангов Вилкоксона. Различия считались достоверными при  $p < 0,05$ .

## Результаты исследования

Для оценки устойчивости к биологическому обрастанию полимерных материалов их образцы (кусочки размером  $10 \times 20 \times 2$  мм каждый) были загрязнены *S. mutans* в бульоне BLB в течение 48 ч в статичных условиях для получения жесткой биопленки на поверхностях. Образцы всех полимеров были обсеменены в одном резервуаре одновременно для поддержания одинаковых условий, было проведено пять независимых экспериментов. Загрязненный пластик очищали механически ручной зубной щеткой средней жесткости в течение 5 мин каждую, дважды промывали стерильной водой и оценивали количество жизнеспособных клеток на поверхности (рис. 1).

Контрольные образцы дважды промывали стерильной водой, а также подсчитывали КОЕ. Количе-

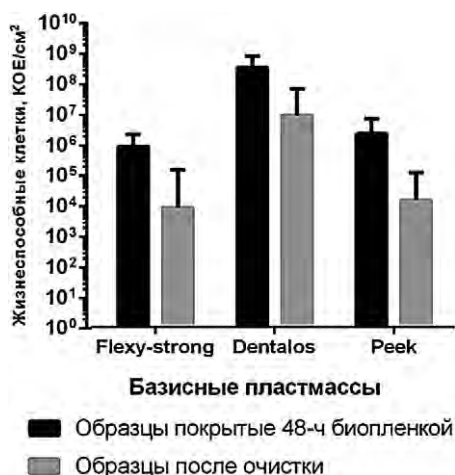


Рис. 1. Количество жизнеспособных клеток на поверхностях полимерных материалов, загрязненных в течение 48 ч биопленкой *S. mutans* до (черные) и после обработки зубной щеткой в течение 5 мин (серые).

ство КОЕ на загрязненных Flexistrong Plus и Peek было одинаковым (10<sup>7</sup> КОЕ/см<sup>2</sup>) и уменьшилось только на 2,5–3 порядка после механической очистки, что свидетельствует о том, что значительное количество клеток осталось на поверхности и может не удаляться зубной щеткой. Напротив, количество КОЕ на поверхности Dentalos Plus было значительно выше (10<sup>9</sup> КОЕ/см<sup>2</sup>) и уменьшилось всего на 1,3 порядка во время очистки. Поверхности полимерного материала в исходном состоянии, биологически загрязненные и после очистки щеткой также анализировали с помощью атомно-силовой микроскопии (рис. 2).

Flexistrong Plus и Peek имеют относительно гладкие поверхности, в отличие от Dentalos Plus, который характеризовался неравномерной структурой с выраженными бороздками и в 4 раза более высоким индексом шероховатости (см. рис. 2, верхняя линия, см. таблицу).

Следует отметить, что сила адгезии Dentalos Plus была в среднем в 2 раза меньше, чем у других материалов (см. таблицу), по-видимому, из-за неровности поверхности. Шероховатость, видимо, является основным фактором, определяющим более высокую степень биологического обрастания и менее эффективное удаление бактерий щеткой из этого материала (см. рис. 1).

#### Наномеханические характеристики полимерных материалов

Материал	Flexistrong Plus	Dentalos Plus	PEEK
<b>Адгезия, пН</b>			
Чистый пластик	12,1 ± 2,3	7,3 ± 1,7	13,5 ± 0,7
Пластик загрязнен 48-часовой биопленкой	8,9 ± 2,4	6,2 ± 0,3	10,5 ± 0,9
Пластик очищен зубной щеткой от биопленки	3,6 ± 0,3	6,2 ± 0,3	10,3 ± 4,9
<b>Шероховатость, нм</b>			
Чистый пластик	41,9 ± 2,2	211,5 ± 74,2	50,1 ± 1,4
Пластик загрязнен 48-часовой биопленкой	192,3 ± 51,1	98,1 ± 37	259,5 ± 82,4
Пластик очищен зубной щеткой от биопленки	61,3 ± 17,4	98,1 ± 21,7	54,3 ± 6,6

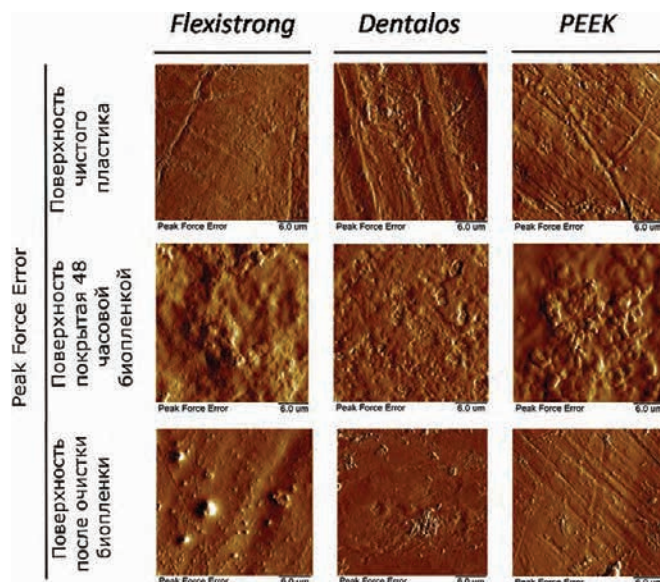


Рис. 2. Атомно-силовая микроскопия поверхностей полимерных материалов (Flexistrong Plus, Dentalos Plus, PEEK) в исходном состоянии (А), загрязненных 48-часовой биологической пленкой *S.mutans* (Б) и после очистки зубной щеткой (В).

ла (см. рис. 1). Все материалы имели жесткую биопленку с хорошо развитой грибовидной формой, за исключением Dentalos Plus (см. среднюю линию на рис. 2), для которой такая структура не наблюдалась, а индекс шероховатости даже уменьшался.

После чистки на поверхностях всех пластиков наблюдалось наличие остаточного органического материала со скоплениями клеток и повреждением пластика (см. нижнюю линию рис. 2). Шероховатость Flexistrong Plus и Peek была увеличена по сравнению с необработанным материалом, по-видимому, из-за механического повреждения зубной щеткой (см. таблицу). Для Dentalos Plus показатели шероховатости загрязненных и очищенных поверхностей были похожи, возможно, из-за заполнения канавок и инвагинаций матрицей биопленки.

#### Выводы

Результаты проведенных исследований позволили получить новые характеристики ряда полимерных материалов с микробиологических позиций, что открывает возможность прогнозировать гигиеническую адекватность полимерных ортопедических конструкций, используемых при реабилитации стоматологических больных. Выявленные факты усиления микробного загрязнения после механической обработки поверхности полимерных материалов, требуют дополнительной их облицовки более твердыми материалами или создания на основе этих полимеров новых композитов с высокой гигиенической адекватностью.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ferracane J.L. Resin composite-state of the art. *Dent. Mater.* 2011;27(1):29–38. Doi: 10.1016/j.dental.2010.10.020.

2. Миргазизов М.З., Гюнтер В.Э., Галонский В.Г. *Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы в стоматологии.* Томск: МИЦ; 2011. 220 с.

3. Xu X.Y., He L.B., Zhu B.G., Li J.Y., Li J.S. Advances in polymeric materials for dental applications. *Polym. Chem.* 2017;8(5):807–23. Doi: 10.1039/C6PY01957A.

4. Bayne S.C. Correlation of clinical performance with 'in vitro tests' of restorative dental materials that use polymer-based matrices. *Dent. Mater.* 2012;28(1):52–71. Doi: 10.1016/j.dental.2011.08.594.

5. Drummond J.L. Degradation, fatigue, and failure of resin dental composite materials. *J. Dent. Res.* 2008;87(8):710–9. Doi: 10.1177/154405910808700802.

6. Strassburger C., Kerschbaum T., Heydecke G. Influence of implant and conventional prostheses on satisfaction and quality of life: a literature review. Part 2: Qualitative analysis and evaluation of the studies. *Int. J. Prosthodont.* 2006;19(4):339–48.

7. Mirgazizov M.Z., Khafizov R.G., Mirgazizov A.M., Mirgazizov R.M., Tsyplakov D.E., Khafizova F.A. Interfaces in osseointegrated dental implants and a new inverted approach to their microscopic and histological study. *Poseido.* 2013;1(3):141–7.

8. Darbar U.R., Huggett R., Harrison A. Denture fracture — a survey. *Br. Dent. J.* 1994;176(9):342–5. Doi: 10.1038/sj.bdj.4808449.

9. Vallittu P.K. Flexural properties of acrylic resin polymers reinforced with unidirectional and woven glass fibers. *J. Prosthet. Dent.* 1999;81(3):318–26. Doi: 10.1016/s0022-3913(99)70276-3.

10. Волчкова И.Р., Юмашев А.В., Утюж А.С., Дорошина В.Ю., Михайлова М.В. Применение полиэфирэфиркетона в съемном протезировании: анализ и сравнение с другими термопластическими материалами (обзор литературы). *Клиническая стоматология.* 2018;(1):72–5. Doi: 10.37988/1811-153X\_2018\_1\_72.

11. Розентритт М., Кольбек К. *Возможности и пределы РЕЕК в стоматологии.* Регенсбург; 2014. 13 с.

12. Zhang N., Ma Y.S., Weir M.D., Xu H.H., Bai Y.X., Melo M.A. Current insights into the modulation of oral bacterial degradation of dental polymeric restorative materials. *Materials (Basel).* 2017;10(5):507. Doi: 10.3390/ma10050507.

13. Хафизова Ф.А., Ильинская О.Н., Зиганшин А.М., Хафизов И.Р. Изучение состава и сравнительный анализ бактериальных сообществ образцов слизистой оболочки десен в норме и при воспалении в зонах дентальной имплантации. В кн.: Хафизов Р.Г., ред. *Качество оказания медицинской стоматологической помощи: способы достижения, критерии и методы оценки.* Сборник статей международной научно-практической конференции. Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет; 2016:9–17.

14. Maayanagi G., Igarashi K., Washio J., Takahashi N. pH response and tooth surface solubility at the tooth/bacteria interface. *Caries Res.* 2017;51(2):160–6. Doi: 10.1159/000454781.

15. Spencer P., Ye Q., Park J., Topp E.M., Misra A., Marangos O., et al. Adhesive/dentin interface: the weak link in the composite restoration. *Ann. Biomed. Eng.* 2010;38(6):1989–2003. Doi: 10.1007/s10439-010-9969-6.

16. Vankov P.Y., Ziganshina E.E., Ilinskaya O.N., Khafizova F.A., Khafizov R.G., Ziganshin A.M. Comparative analysis of bacterial communities associated with healthy and inflamed peri-implant tissues. *Bionanoscience.* 2016;6(4):490–5.

17. Bourbia M., Finer Y. Biochemical stability and interactions of dental resin composites and adhesives with host and bacteria in the oral cavity: a review. *J. Can. Dent. Assoc.* 2018;84:i1.

18. Delaviz Y., Finer Y., Santerre J.P. Biodegradation of resin composites and adhesives by oral bacteria and saliva: a rationale for new material designs that consider the clinical environment and treatment challenges. *Dent. Mater.* 2014;30(1):16–32. Doi: 10.1016/j.dental.2013.08.201.

19. Волчкова И.Р., Юмашев А.В., Дорошина В.Ю., Борисов В.В. Влияние очищающих средств для съемных протезов из полиэфирэфиркетона и других термопластических материалов на адгезию представителей патогенной микрофлоры полости рта в сравнительном аспекте в эксперименте in vitro. *Клиническая*

*стоматология.* 2020;(1):80–4. Doi: 10.37988/1811-153X\_2020\_1\_80.

20. Хафизов Р.Г., Азизова Д.А., Хафизова Ф.А., Зарипова Э.М., Житко А.К. *Современные материалы и методы профилактики стоматологических заболеваний: Учебно-методическое пособие.* Казань: Казанский университет; 2014. 52 с.

21. Kayumov A.R., Khakimullina E.N., Sharafutdinov I.S., Trizna E.Y., Latypova L.Z., Lien H.T., et al. Inhibition of biofilm formation in *Bacillus subtilis* by new halogenated furanones. *J. Antibiot. (Tokyo).* 2015;68(5):297–301. Doi: 10.1038/ja.2014.143.

22. Baidamshina D.R., Trizna E.Y., Holyavka M.G., Bogachev M.I., Artyukhov V.G., Akhatova F.S., et al. Targeting microbial biofilms using Ficin, a nonspecific plant protease. *Sci. Rep.* 2017;7:46068. Doi: 10.1038/srep46068.

23. Sharafutdinov I., Pavlova A., Khabibrakhmanova A., Kurbangalieva A., Kayumov A. The antimicrobial effect of the 5-((-)-bornyloxy)-2(5H)-furanone derivative on grampositive bacteria. *FEBS J.* 2017;284(Suppl. 1):143.

24. Herigstad B., Hamilton M., Heersink J. How to optimize the drop plate method for enumerating bacteria. *J. Microbiol. Methods.* 2001;44(2):121–9. Doi: 10.1016/s0167-7012(00)00241-4.

REFERENCE

1. Ferracane J.L. Resin composite-state of the art. *Dent. Mater.* 2011;27(1):29–38. Doi: 10.1016/j.dental.2010.10.020.

2. Mirgazizov MZ, Gunter VE, Galonsky VG. *Medical materials and shape memory implants in dentistry.* [Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы в стоматологии]. Tomsk: MITs; 2011. 220 p. (in Russian)

3. Xu XY, He LB, Zhu BG, Li JY, Li JS. Advances in polymeric materials for dental applications. *Polym. Chem.* 2017;8(5):807–23. Doi: 10.1039/C6PY01957A.

4. Bayne SC. Correlation of clinical performance with 'in vitro tests' of restorative dental materials that use polymer-based matrices. *Dent. Mater.* 2012;28(1):52–71. Doi: 10.1016/j.dental.2011.08.594.

5. Drummond JL. Degradation, fatigue, and failure of resin dental composite materials. *J. Dent. Res.* 2008;87(8):710–9. Doi: 10.1177/154405910808700802.

6. Strassburger C, Kerschbaum T, Heydecke G. Influence of implant and conventional prostheses on satisfaction and quality of life: a literature review. Part 2: Qualitative analysis and evaluation of the studies. *Int. J. Prosthodont.* 2006;19(4):339–48.

7. Mirgazizov MZ, Khafizov RG, Mirgazizov AM, Mirgazizov RM, Tsyplakov DE, Khafizova FA. Interfaces in osseointegrated dental implants and a new inverted approach to their microscopic and histological study. *Poseido.* 2013;1(3):141–7.

8. Darbar UR, Huggett R, Harrison A. Denture fracture — a survey. *Br. Dent. J.* 1994;176(9):342–5. Doi: 10.1038/sj.bdj.4808449.

9. Vallittu PK. Flexural properties of acrylic resin polymers reinforced with unidirectional and woven glass fibers. *J. Prosthet. Dent.* 1999;81(3):318–26. Doi: 10.1016/s0022-3913(99)70276-3.

10. Volchkova IR, Yumashev AV, Utyuzh AS, Doroshina VYu, Mikhaylova MV. The use of polyetheretherketone in removable prosthetics: analysis and comparison to other thermoplastic materials (literature review). *Klinicheskaya stomatologiya.* 2018;(1):72–5. (in Russian) Doi: 10.37988/1811-153X\_2018\_1\_72.

11. Rosentritt M, Kolbeg K. *Possibilities and limits of PEEK in dentistry.* [Vozmozhnosti i predely PEEK v stomatologii]. Regensburg; 2014. 13p. (in Russian)

12. Zhang N, Ma YS, Weir MD, Xu HH, Bai YX, Melo MA. Current insights into the modulation of oral bacterial degradation of dental polymeric restorative materials. *Materials (Basel).* 2017;10(5):507. Doi: 10.3390/ma10050507.

13. Khafizova FA, Ilinskaya ON, Ziganshin AM, Khafizov IR. Study of the composition and comparative analysis of bacterial communities of samples of the gingival mucosa in normal conditions and with inflammation in the zones of dental implantation. In: Khafizov R.G., ed. *The quality of dental medical care: ways of achieving, criteria and methods of assessment.* Proceedings of the international research conference. [Kachestvo okazaniya meditsinskoj stomatologicheskoi pomoshchi: sposoby dostizheniya, kriterii i metody otsenki: Sbornik statei mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]. Kazan: Kazanskii (Privolzhskii) federal'nyi universitet; 2016:9–17. (in Russian)

14. Mayanagi G, Igarashi K, Washio J, Takahashi N. pH response and tooth surface solubility at the tooth/bacteria interface. *Caries Res.* 2017;51(2):160–6. Doi: 10.1159/000454781.
15. Spencer P, Ye Q, Park J, Topp EM, Misra A, Marangos O., et al. Adhesive/dentin interface: the weak link in the composite restoration. *Ann. Biomed. Eng.* 2010;38(6):1989–2003. Doi: 10.1007/s10439-010-9969-6.
16. Vankov PY, Ziganshina EE, Ilinskaya ON, Khafizova FA, Khafizov RG, Ziganshin AM. Comparative analysis of bacterial communities associated with healthy and inflamed peri-implant tissues. *Bionoscience.* 2016;6(4):490–5.
17. Bourbia M, Finer Y. Biochemical stability and interactions of dental resin composites and adhesives with host and bacteria in the oral cavity: a review. *J. Can. Dent. Assoc.* 2018;84:i1.
18. Delaviz Y, Finer Y, Santerre JP. Biodegradation of resin composites and adhesives by oral bacteria and saliva: a rationale for new material designs that consider the clinical environment and treatment challenges. *Dent. Mater.* 2014;30(1):16–32. Doi: 10.1016/j.dental.2013.08.201.
19. Volchkova IR, Yumashev AV, Doroshina VYu, Borisov VV. The effect of cleaning agents for removable prostheses from polyetheretherketone and other thermoplastic materials on the adhesion of representatives of pathogenic oral microflora in a comparative aspect in an in vitro experiment. *Klinicheskaya stomatologiya.* 2020;(1):80–4. (in Russian) Doi: 10.37988/1811-153X\_2020\_1\_80.
20. Khafizov RG, Azizova DA, Khafizova FA, Zaripova EM, Zhitko AK. *Modern materials and methods for the prevention of dental diseases: Study guide.* [Sovremennyye materialy i metody profilaktiki stomatologicheskikh zabolevanii: Uchebno-metodicheskoe posobie]. Kazan: Kazanskii universitet; 2014. 52 p. (in Russian)
21. Kayumov AR, Khakimullina EN, Sharafutdinov IS, Trizna EY, Latypova LZ, Lien HT, et al. Inhibition of biofilm formation in *Bacillus subtilis* by new halogenated furanones. *J. Antibiot. (Tokyo).* 2015;68(5):297–301. Doi: 10.1038/ja.2014.143.
22. Baidamshina DR, Trizna EY, Holyavka MG, Bogachev MI, Artyukhov VG, Akhatova FS, et al. Targeting microbial biofilms using Ficin, a nonspecific plant protease. *Sci. Rep.* 2017;7:46068. Doi: 10.1038/srep46068.
23. Sharafutdinov I, Pavlova A, Khabibrakhmanova A, Kurbangalieva A, Kayumov A. The antimicrobial effect of the 5-((-)-bornyloxy)-2(5H)-furanone derivative on grampositive bacteria. *FEBS J.* 2017;284(Suppl. 1):143.
24. Herigstad B, Hamilton M, Heersink J. How to optimize the drop plate method for enumerating bacteria. *J. Microbiol. Methods.* 2001;44(2):121–9. Doi: 10.1016/s0167-7012(00)00241-4.

Поступила 23.05.2020  
Принята к печати 16.06.2020