

<https://doi.org/10.25207/1608-6228-2026-33-1-40-55>

УДК: 616.314-089.818.1-039.71



## Влияние износа вращающегося алмазного инструмента на чистоту и структуру препарированной поверхности твердых тканей зуба при использовании разных по химической структуре кондиционеров: нерандомизированное экспериментальное контролируемое исследование

Ю.Б. Воробьева<sup>1</sup>✉, А.М. Ковалевский<sup>1</sup>, В.А. Железняк<sup>1</sup>, И.В. Козлова<sup>1</sup>, А.Р. Латиф<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, ул. Академика Лебедева, д. 6, г. Санкт-Петербург, 194044, Россия

<sup>2</sup> Общество с ограниченной ответственностью «Стана», пр-т Ленинский, д. 81, литер А, к. 1, помещ. 25н, 198328, г. Санкт-Петербург, Россия

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Ключевым моментом современной стоматологической реставрации является достижение надежной адгезии пломбирочного материала к твердым тканям зуба, которая в немалой степени определяется качеством препарирования структур зуба.

**Цель исследования:** определить зависимость качества подготовки поверхности твердых тканей зуба от состояния рабочей части алмазного бора производства компаний Diatech и MANI и воздействия разных по своей химической сущности кондиционеров. **Методы.** Нерандомизированное экспериментальное контролируемое исследование проведено на 64 интактных молярах, ранее удаленных по медицинским показаниям, в которых формировали одинакового размера искусственные полости I класса по G. V. Black. Для препарирования зубов использовали турбинный наконечник и алмазные боры Diatech (с дисперсией частиц 64–126 мкм) и боры компании MANI (с дисперсией частиц 106–126 мкм). Зубы разделили на 4 группы по 16 зубов в зависимости от применения новых или бывших в употреблении алмазных боров и 8 подгрупп по 8 зубов в каждой, в половине из них препарированные поверхности кондиционировали гелем «Травекс37» («Омега Дент», Россия), содержащим 37% ортофосфорной кислоты, в другой половине — гелем Multi Etchant, который содержит адгезивный фосфатный мономер (М-ТЕG-Р) (Yamakin, Япония). Время воздействия на эмаль — 30 сек, на дентин — 15 сек с последующим промыванием водо-воздушной струей в течение 60 секунд. Используемые боры и поверхности твердых тканей зубов, подвергшиеся кондиционированию, исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа. Проводили сравнительную оценку чистоты подготовленной методом кондиционирования поверхности твердых тканей зуба с помощью изучения электронограмм 5 участков поверхности дентина каждого зуба с применением разработанной шкалы, согласно которой чистоту каждой исследуемой поверхности оценивали в баллах от 0 до 3. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью компьютерных программ Statistica 12.0 (StatSoft, США) и Microsoft Office Excel 2017 (Microsoft Corporation, США). Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ . **Результаты.** Путем сравнительного изучения электронограмм поверхностей зубов 4-х экспериментальных групп доказано наличие взаимосвязи качества алмазного бора (наличие визуально и микроскопически определяемых участков поверхности бора, лишенных алмазного абразива) со структурной характеристикой поверхности твердых тканей зуба после препарирования и кондиционирования. Препарирование как новыми (в 62,5% случаев), так и бывшими в употреблении (в 100% случаев) борами производства компании MANI привело к выявлению наличия трещин твердых тканей зубов. Установлено, что применение геля Multi Etchant обеспечивает более качественную, чем 37,0% ортофосфорная кислота, подготовку поверхности твердых тканей зуба к следующему этапу адгезивной обработки за счет более высокой ее чистоты при оценке электронограмм согласно разработанной шкале даже при худшем качестве алмазных боров. Так, оценку 1 балл получили участки поверхности дентина, препарированного борами Mani и кондиционированного Multi Etchant, в 72,5% случаев, а при использовании Травекс — только в 37,5% случаев. **Заключение.** Микроскопическое исследование боров производства компании Diatech после десяти циклов применения выявило несущественную степень износа алмазного покрытия инструментов, проявившуюся в частичной потере абразива на рабочей поверхности. Поэтому влияние износа боров на качество подготовки поверхности твердых тканей зубов незначительное, что способствует формированию ровной поверхности твердых тканей зуба при одонтопрепарировании и снижению частоты образования трещин.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** одонтопрепарирование, кондиционирование твердых тканей зубов, гель Multi Etchant, адгезивный фосфатный мономер (М-ТЕG-Р), протравочный гель Травекс37, профилометрические характеристики поверхности зубов, алмазные боры Diatech, алмазные боры компании MANI

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Воробьева Ю.Б., Ковалевский А.М., Железняк В.А., Козлова И.В., Латиф А.Р. Влияние износа вращающегося алмазного инструмента на чистоту и структуру препарированной поверхности твердых тканей зуба при использовании разных по химической структуре кондиционеров: нерандомизированное экспериментальное контролируемое исследование. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2026;33(1):40–55. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2026-33-1-40-55>

**ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ:** авторы заявляют об отсутствии спонсорской поддержки при проведении исследования.

**КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с настоящей рукописью.

© Воробьева Ю.Б., Ковалевский А.М., Железняк В.А., Козлова И.В., Латиф А.Р., 2026

**ДЕКЛАРАЦИЯ О НАЛИЧИИ ДАННЫХ:** данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить у контактного автора по обоснованному запросу. Данные и статистические методы, представленные в статье, прошли статистическое рецензирование редактором журнала — сертифицированным специалистом по биостатистике.

**СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ:** Проведение исследования одобрено Независимым комитетом по этике федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации (ул. Академика Лебедева, д. 6, г. Санкт-Петербург, Россия), протокол № 265 от 28.06.2022.

**ВКЛАД АВТОРОВ:** Ю.Б. Воробьева, А.М. Ковалевский, В.А. Железняк, И.В. Козлова, А.Р. Латиф — разработка концепции и дизайна исследования; Ю.Б. Воробьева, И.В. Козлова, А.Р. Латиф — сбор данных; Ю.Б. Воробьева, В.А. Железняк — анализ и интерпретация результатов; Ю.Б. Воробьева, А.М. Ковалевский — обзор литературы, проведение статистического анализа; Ю.Б. Воробьева, И.В. Козлова — составление черновика рукописи и формирование его окончательного варианта; А.М. Ковалевский, В.А. Железняк, А.Р. Латиф — критический пересмотр черновика рукописи с внесением ценного замечания интеллектуального содержания. 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 и добросовестностью любой части работы.

✉ **КОРРЕСПОНДИРУЮЩИЙ АВТОР:** Воробьева Юлия Борисовна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры общей стоматологии федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации. Адрес: ул. Академика Лебедева, д. 6, г. Санкт-Петербург, 194044, Россия. E-mail: doctor32@bk.ru

Получена: 25.02.2025 / Получена после доработки: 28.11.2025 / Принята к публикации: 12.01.2026

## Effect of wear in rotating diamond instruments on the quality of prepared tooth surface with the use of chemically different conditioners: A nonrandomized experimental controlled study

Yulia B. Vorobyova<sup>1</sup>✉, Alexander M. Kovalevsky<sup>1</sup>, Vladimir A. Zheleznyak<sup>1</sup>, Ivanna V. Kozlova<sup>1</sup>, Aleka R. Latif<sup>2</sup>

<sup>1</sup> S.M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defence of the Russian Federation, Akademika Lebedeva str., 6, Saint Petersburg, 194044, Russia

<sup>2</sup> STANA Dental Clinic, Leninsky Ave., 81, bldg. A1, office 25n, Saint Petersburg, 198328, Russia

### ABSTRACT

**Background.** Modern dental restoration relies on achieving reliable adhesion between dental fillings and hard tissues, which is largely determined by the quality of tooth preparation. **Objective.** To analyze the effect that the condition of working parts in Diatech and MANI diamond burs, as well as chemically different conditioners, can have on the quality of tooth surface preparation. **Methods.** A nonrandomized experimental controlled study was conducted using 64 intact molars that had been previously extracted for medical reasons; artificial Class I cavities of the same size were drilled in these teeth (as per G.V. Black's classification). An air-turbine handpiece, Diatech diamond burs (with a grit size of 64–126  $\mu$ ), and MANI burs (with a grit size of 106–126  $\mu$ ) were used to prepare the teeth. These teeth were divided into four groups of 16 teeth each depending on the use of new or previously used diamond burs, as well as eight subgroups of eight teeth each; in half of them, the prepared surfaces were conditioned with Travex37 (Omega Dent, Russia) containing 37% orthophosphoric acid; the other half, with Multi Etchant gel containing an adhesive phosphate monomer (M-TEG-P) (Yamakin, Japan). The enamel and dentin were conditioned for 30 and 15 seconds, respectively, followed by rinsing with a jet of water and air for 60 seconds. The used burs and conditioned tooth surfaces were examined using a scanning electron microscope. The quality of conditioned tooth surfaces was comparatively analyzed through the study of electron diffraction patterns of five dentin areas obtained for each tooth; each examined surface was rated on a scale from 0 to 3. The obtained data were statistically processed using Statistica 12.0 (StatSoft, USA) and Microsoft Office Excel 2017 (Microsoft Corporation, USA). Differences were considered statistically significant at  $p < 0.05$ . **Results.** A comparative analysis of the electron diffraction patterns of tooth surfaces from four experimental groups revealed a relationship between the quality of a diamond bur (the presence of visually and microscopically detectable areas on the bur surface that lack the diamond abrasive layer) and the structural characteristics of a tooth surface after preparation and conditioning. The use of both new (in 62.5% of cases) and previously used (in 100% of cases) MANI burs to prepare the surfaces led to the detection of cracks in the dental hard tissues. According to the analysis of electron diffraction patterns with the use of to the developed scale, Multi Etchant gel was found to ensure better preparation of tooth surfaces for the next stage than 37.0% orthophosphoric acid as it provides a cleaner surface even in the case lower-quality diamond burs. For example, areas of dentin surface prepared with the Mani burs and conditioned with Multi Etchant scored 1 point in 72.5% of cases, while those conditioned with Travex were given a score of 1 in only 37.5% of cases. **Conclusion.** A microscopic examination of the previously used Diatech burs (ten cycles of use), revealed insignificant wear of the diamond coating, which manifested itself in a partial loss of the abrasive layer on the working surface. Therefore, the effect of bur wear on the quality of tooth surface preparation is insignificant, which contributes to the formation of a smooth surface during tooth preparation and a reduced frequency of crack formation.

**KEYWORDS:** tooth preparation, tooth surface conditioning, Multi Etchant gel, adhesive phosphate monomer, M-TEG-P, Travex37 etching gel, tooth surface roughness, Diatech diamond burs, MANI diamond burs

**FOR CITATION:** Vorobyova Yu.B., Kovalevsky A.M., Zheleznyak V.A., Kozlova I.V., Latif A.R. Effect of wear in rotating diamond instruments on the quality of prepared tooth surface with the use of chemically different conditioners: A nonrandomized experimental controlled study. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2026;33(1):40–55. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2026-33-1-40-55>

**FUNDING:** No funding support was obtained for the research.

**CONFLICT OF INTEREST:** The authors declare no conflict of interest.

**DATA AVAILABILITY STATEMENT:** Data supporting the conclusions made in this study can be obtained from the corresponding author upon reasonable request. The data and statistical methods presented in the article were statistically reviewed by the editor of the journal, a certified biostatistician.

**COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS:** The study was approved by the independent ethics committee (Minutes No. 265 as of June 28, 2022) of the S. M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defence of the Russian Federation (Akademika Lebedeva str., 6, Saint Petersburg, Russia).

**AUTHOR CONTRIBUTIONS:** Yu.B. Vorobyova, A.M. Kovalevsky, V.A. Zheleznyak, I.V. Kozlova, A.R. Latif — concept formulation and study design; Yu.B. Vorobyova, I.V. Kozlova, A.R. Latif — data collection; Yu.B. Vorobyova, V.A. Zheleznyak — analysis and interpretation of the obtained results; Yu.B. Vorobyova, A.M. Kovalevsky — literature review and statistical analysis; Yu.B. Vorobyova, I.V. Kozlova — drafting of the manuscript and preparation of its final version; A.M. Kovalevsky, V.A. Zheleznyak, A.R. Latif — critical revision of the manuscript for valuable intellectual content. All the authors approved the final version of the manuscript prior to publication, agreeing to be accountable for all aspects of the work, meaning that issues related to the accuracy and integrity of any part of the work are appropriately examined and resolved.

✉ **CORRESPONDING AUTHOR:** Yulia B. Vorobyova, Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., General Dentistry Department, S.M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defence of the Russian Federation. Address: Akademika Lebedeva str., 6, Saint Petersburg, 194044, Russia. E-mail: doctor32@bk.ru

**Received:** 25.02.2025 / **Revised:** 28.11.2025 / **Accepted:** 12.01.2026

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день ключевым моментом современной стоматологической реставрации является достижение надежной адгезии пломбирочного материала к твердым тканям зуба, которая в немалой степени определяется качеством препарирования структур зуба, к которым планируется фиксация прямой реставрации либо ортопедической конструкции [1]. Часто практикующими врачами к процессу препарирования имеется пренебрежительное отношение [2–4]. Наиболее часто для объективной оценки качества препарирования применяются кариес-маркер и зондирование кариозной полости, в то же время при клинико-рентгенологической оценке результатов препарирования с использованием этих методов контроля выявлено излишнее иссечение дентина.

Общепринятым методом препарирования твердых тканей зуба является применение вращающихся твердосплавных либо алмазных инструментов (боров) [5, 6]. Причем использование алмазных боров считается более эффективным. Кроме экономии времени врача-стоматолога при этом отмечено уменьшение количества трещин и сколов эмали, однако препарированная поверхность более грубая, с большим количеством бороздок [1]. Следует также учитывать, что в ходе препарирования дентина происходит заполнение промежутков между алмазными зернами дентинными опилками, что постепенно снижает эффективность препарирования. Вследствие этого рекомендуется некрэктомии проводить твердосплавными борами, формирование кариозной полости — алмазными, завершая его многогранными твердосплавными борами-финирами. Существует и противоположное мнение, что при использовании для препарирования твердых тканей зуба под несъемные ортопедические конструкции алмазных инструментов происходит формирование характерного микрорельефа поверхности, отличающегося наличием большого количества неровностей различного уровня и выраженного смазанного слоя [7]. Следует подчеркнуть, что нарушение технологии препарирования твердых тканей зуба угрожает серьезными осложнениями.

Так, препарирование алмазными борами без водо-воздушного охлаждения может привести к существенному повышению температуры, причем твердосплавными — еще выше, в результате чего разрушаются одонтобласты, происходит расширение сосудов с образованием кровоизлияний в пульпу зуба, развиваются круглоклеточная инфильтрация пульпы и некроз прединтента. Такие нарушения технологии препарирования часто ведут к возникновению пульпита [8].

Ряд исследований рекомендуют начинать одонтопрепарирование под искусственные коронки гальваническими алмазными борами «Торнадо» грубой зернистости, а завершать гальваническими борами с размером зерна 20–90 мкм и цельноспеченными борами с размером зерна 90–120 мкм, ограничивая при этом нагрузку на инструмент. Это позволяет получить геометрически точную форму культи опорного зуба, оптимальные профилометрические характеристики ее поверхности, минимизировать травму маргинального пародонта опорных зубов [9, 10].

Четкую зависимость между дисперсностью алмазных частиц бора и качеством препарированной поверхности выявить не удалось, однако в случае одинаковых условий препарирования применение боров малой дисперсности способствует формированию более равномерной поверхности. На рельеф препарированной поверхности оказывают влияние время препарирования, выраженность износа бора, нагрузка на бор, качество водяного охлаждения, степень минерализованности твердых тканей зуба [10, 11]. Лучшие результаты дает применение новых инструментов с равномерным обильным водяным охлаждением во время препарирования.

На современном этапе чаще всего для прямой реставрации коронки зуба применяются композиционные материалы [12], что предъявляет особые требования к препарированию и кондиционированию твердых тканей зуба для достижения эстетичности и долгосрочности реставрации [13].

Считается, что применение композиционных материалов, которые характеризуются микромеханическим сцеплением с твердыми тканями зуба, требует проведения ад-

гезивного препарирования, требованием которого является максимальное увеличение площади контакта «пломба — зуб» для обеспечения качественной связи композита с тканями зуба. Это достигается иссечением твердых тканей зуба до интактных структур, формированием скоса эмали, полости с закругленными углами, применением кислотно-кондиционирования и адгезивной системы [13, 14].

Кондиционирование отпрепарированной поверхности твердых тканей зуба производят путем воздействия геля либо полугеля, который содержит обычно 37% ортофосфорной кислоты, при этом происходит растворение 5–10 мкм поверхностного слоя эмали, причем межпризмные промежутки подвергаются воздействию в большей степени, в итоге в эмали появляются поры глубиной до 50 мкм. Таким образом, формируется микро-рельеф эмали, многократно увеличивающий поверхность ее сцепления с композиционным материалом, что является условием успешной адгезии [12, 15]. Кислотное кондиционирование дентина приводит к растворению смазанного слоя, а также деминерализации поверхностного слоя дентина в среднем на глубину 0,5–5 мкм, приводящей к обнажению трехмерной системы коллагеновых волокон, плотно прикрепленных к неизмененному дентину и являющихся основой микроретенции [16]. Во влажных условиях гидрофильные мономеры праймера либо смеси праймера и адгезива заполняют промежутки между волокнами и просветы дентинных канальцев, после полимеризации образуется гибридный слой, прочно соединенный с массивом дентина и надежно изолирующий пульпу зуба от внешних воздействий [16].

При проведении реставрации необходимо учитывать существование целого ряда таких сложных проблем, как особенности адгезии к гиперминерализованному дентину и цементу корня зуба, адгезии во влажных условиях, а также влияние качества адгезивного соединения на развитие послеоперационной чувствительности и т.д. [16]. Кроме того, недостаточно изучено влияние износа алмазного инструмента и различных типов кондиционеров на качество подготовки поверхности твердых тканей зуба к применению адгезивных технологий.

**Цель исследования** — определить зависимость качества подготовки поверхности твердых тканей зуба от состояния рабочей части алмазного бора производства компаний Diatech и MANI и воздействия разных по своей химической сущности кондиционеров.

## МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Нерандомизированное экспериментальное контролируемое исследование проведено на 64 интактных молярах, ранее удаленных по медицинским показаниям (хронический генерализованный пародонтит тяжелой степени, ортодонтические показания).

### Критерии соответствия

В исследование были включены интактные зубы, моляры, ранее удаленные по медицинским показаниям (хронический генерализованный пародонтит тяжелой степени, ортодон-

тические показания). Для проведения процедуры препарирования выбирались алмазные боры с синей градуировкой с размером алмазных частиц до 126 мкм, в упаковке от производителя (боры фирмы Diatech (Швейцария) с размерами алмазных частиц 64–126 мкм; компании MANI (Япония) с размерами алмазных частиц 106–126 мкм). Для кондиционирования использовались две группы гелей для травления и очищения: гель, содержащий 37% ортофосфорную кислоту, и гель, не содержащий фосфорной кислоты, вместо которой используется адгезивный фосфатный мономер (11-метакрилоилокси тетраэтиленгликоль дигидрофосфат, M-TEG-P).

### Условия проведения

Научное исследование было организовано на базе структурного подразделения федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации (ВМедА). Лабораторное исследование с помощью сканирующего электронного микроскопа Merlin ZEISS поверхностей искусственно сформированных полостей проведено на кафедре общей стоматологии ВМедА.

### Продолжительность исследования

Подготовка искусственных полостей на окклюзионной поверхности удаленных по медицинским показаниям моляров и кондиционирование поверхностей твердых зубов проведены в течение 3-х дней. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ-исследования) заняла 2 недели. Суммарно исследования каждого из образцов проводились в течение 70 минут (включали проведение серии электронно-микроскопических исследований в пяти точках и оценку чистоты поверхности).

### Алгоритм методологии эксперимента

Зубы, включенные в исследование в количестве 64 шт., разделили на 4 группы по 16 зубов в зависимости от типа используемых боров, каждая из которых в зависимости от используемого геля для травления и очищения (типа кондиционирования) была разделена на 2 подгруппы по 8 зубов в каждой.

На окклюзионной поверхности удаленных по медицинским показаниям моляров формировали одинакового размера искусственные полости, которые были идентичны кариозным полостям I класса по G. V. Black [17] при диагнозе K02.1 (кариес дентина, средний кариес по МКБ-10). Для препарирования зубов использовали турбинный наконечник и алмазные боры двух разновидностей: производства компании Diatech (с дисперсией частиц 64–126 мкм) и производства компании MANI (с дисперсией частиц 106–126 мкм), представленных на российском рынке.

В первых двух группах на поверхности стенок и дна искусственно формировались полости зубов новыми борами, в двух других применялись боры, ранее выдержавшие десять циклов использования каждый. При этом цикл использования составлял препарирование тканей зуба, последующую дезинфекцию, предстерилизационную обработку и стерилизацию путем автоклавирования согласно инструкции фирмы-производителя.

Кондиционирование осуществляли гелем «Травекс» (НКФ «Омега-Дент», Россия) и гелем Multi Etchant (YAMAKIN, Япония). Эмаль зубов подвергалась кондиционированию в течение 30 секунд, а дентин — в течение 15 секунд с последующим промыванием водо-воздушной струей в течение 60 секунд.

Затем использованные боры и подвергшиеся кондиционированию поверхности твердых тканей зубов исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Merlin ZEISS с увеличением 200. Проводили сравнительную оценку чистоты подготовленной путем кондиционирования поверхности твердых тканей зуба.

## Исходы исследования

### Основной исход исследования

Основной исход исследования выразился в установлении влияния износа вращающегося алмазного инструмента на чистоту и структуру препарированной поверхности твердых тканей зуба путем оценки поверхности дентина искусственно созданной полости зуба в эксперименте, подготовленной методом кондиционирования препарированной поверхности твердых тканей зуба на основе ее электронно-микроскопического изучения, согласно разработанной шкале оценки качества и чистоты.

### Дополнительные исходы исследования

Выявление наличия взаимосвязи качества алмазного бора (по критерию наличия визуально и микроскопически определяемых участков поверхности бора, лишенных алмазного абразива) со структурной характеристикой поверхности дентина зуба после его препарирования и кондиционирования, а также установление факта обеспечения применением геля Multi Etchant более качественной, чем при использовании геля 37% ортофосфорной кислоты, подготовки поверхности дентина зуба к следующему этапу адгезивной обработки за счет более высокой ее чистоты даже при худшем качестве алмазных боров.

### Анализ в подгруппах

Разделение подвергавшихся исследованию зубов на группы сравнения производилось по принципу использования алмазных боров разных производителей, а на подгруппы — по признаку применения новых и использованных ранее боров. Все подгруппы делились на две по критерию использования кондиционеров 2-х разных химических составов.

Таким образом, были сформированы следующие группы: 1 А ( $n = 8$ ) — новые боры фирмы Diatech, гель для кондиционирования — Травекс 37%; 1 В ( $n = 8$ ) — новые боры фирмы Diatech, гель для кондиционирования — Multi Etchant; 2 А ( $n = 8$ ) — новые боры фирмы MANI, гель для кондиционирования — Травекс 37%; 2 В ( $n = 8$ ) — новые боры фирмы MANI, гель для кондиционирования — Multi Etchant; 3 А ( $n = 8$ ) — бывшие в употреблении боры фирмы Diatech, гель для кондиционирования — Травекс 37%; 3 В ( $n = 8$ ) — бывшие в употреблении боры

фирмы Diatech, гель для кондиционирования — Multi Etchant; 4 А ( $n = 8$ ) — бывшие в употреблении боры фирмы MANI, гель для кондиционирования — Травекс 37%; 4 В ( $n = 8$ ) — бывшие в употреблении боры фирмы MANI, гель для кондиционирования — Multi Etchant.

### Методы регистрации исходов

Регистрация данных (состояния поверхностей твердых тканей искусственно сформированных полостей зубов в эксперименте) в 5 точках проводилась с помощью электронного микроскопа ZEISS Merlin (Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, Германия) под различным увеличением.

Проводили сравнительную оценку чистоты подготовленной путем кондиционирования поверхности твердых тканей зуба с применением разработанной шкалы<sup>1</sup>, согласно которой качество каждой исследуемой поверхности на электронограммах поверхностей зубов визуально оценивали в баллах от 0 до 3, где: 0 баллов — поверхность твердых тканей искусственно сформированной полости чистая, структура однородная, опилки твердых тканей отсутствуют; 1 балл — поверхность твердых тканей искусственно сформированной полости чистая, структура однородная, имеются редкие царапины (следы препарирования), отмечаются единичные конгломераты опилок твердых тканей зуба, после повторного промывания струей воды поверхность чистая; 2 балла — поверхность твердых тканей искусственно сформированной полости неоднородна, видны многочисленные царапины (следы препарирования), визуализируется значительное количество конгломератов опилок твердых тканей зуба, которые после повторного промывания струей воды в большинстве исчезают; 3 балла — поверхность твердых тканей искусственно сформированной полости неровная, кроме множественных царапин, отмечается наличие трещин, большое количество конгломератов опилок твердых тканей зуба, после повторного промывания струей воды картина не улучшается.

Интерпретация результата оценки чистоты подготовленной путем кондиционирования поверхности твердых тканей зуба: 0 — отличный результат; 1 — хороший результат; 2 — удовлетворительный результат; 3 — неудовлетворительный результат, требуется повторное проведение кондиционирования поверхности твердых тканей зуба.

## Статистический анализ

### Принципы расчета размера выборки

Расчет размера выборки (четыре группы по 16 зубов в каждой) проводился исходя из достаточности для возможности анализа результатов с использованием современных методов статистики.

### Методы статистического анализа данных

Количество случаев наличия трещин твердых тканей зуба на электронограммах пяти участков изучаемых поверхностей искусственно сформированных полостей зубов

<sup>1</sup> Патент № 2844249 С1 Российская Федерация, МПК А61В 6/00. Способ оценки качества и чистоты поверхности твердых тканей зуба после их препарирования бором различной степени износа и кондиционирования: заявл. 24.12.2024; опубл. 28.07.2025 / Ю. Б. Воробьева, А. М. Ковалевский, А. Р. Латиф, В. А. Железняк; заявитель Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации. EDN HMGKZW.

каждой подгруппы суммировали, выражали в процентах от общего количества изучаемых участков подгруппы зубов, вычисляли ошибку среднего арифметического. Также выражали в процентах с вычислением ошибки среднего арифметического количество случаев с оценкой чистоты поверхности изучаемых участков 0, 1, 2, 3 балла, используя разработанную шкалу. Статистическую обработку данных осуществляли с помощью компьютерных программ Statistica 12.0 (StatSoft, США) и Microsoft Office Excel 2017 (Microsoft, США). Значения качественных величин представлены в виде абсолютных частот и процентных долей. Для сравнения качественных признаков использовали критерий  $\chi^2$  Пирсона для четырехпольных таблиц сопряженности. При наличии малых частот (от 5 до 10) использовали поправку Йейтса на непрерывность. При частотах меньше 5 использовали точный метод Фишера для четырехпольных таблиц сопряженности. Статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ , где  $p$  — вероятность ошибки первого рода при проверке нулевой гипотезы. При сравнении нескольких групп между собой использовали поправку Бонферрони на множественность сравнений.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Объекты исследования

Исследованию подверглись 64 интактных моляра, ранее удаленных по медицинским показаниям (хронический генерализованный пародонтит тяжелой степени, ортодонтические показания). На окклюзионной поверхности этих моляров формировали одинакового размера искусственные полости, которые были идентичны кариозным полостям I класса по G. V. Black при диагнозе K02.1 (кариес дентина, средний кариес). Для препарирования зубов использовали турбинный наконечник и алмазные боры двух разновидностей: производства компании Diatech (с дисперсией частиц 64–126  $\mu$ ) и производства компании MANI (с дисперсией частиц 106–126  $\mu$ ), представленных на российском рынке. После завершения препарирования поверхности стенок и дна сформированных полостей кондиционировали гелем Травекс37, содержащим 37% ортофосфорной кислоты, или гелем Multi Etchant, который содержит адгезивный фосфатный мономер (M-TEG-P) (блок-схема дизайна исследования — рис. 1).

### Основные результаты исследования

СЭМ-исследование поверхностей дентина искусственно сформированных полостей зубов подгруппы 1 А, препарированных новыми борами производства компании Diatech и подвергшихся кондиционированию гелем «Травекс», выявило полное отсутствие смазанного слоя, при этом поверхности чистые, структура поверхности однородная, трещины дентина и опилки твердых тканей отсутствуют (рис. 1 А). Поверхности подготовлены к последующей адгезивной обработке, которую следует проводить согласно рекомендациям компании-производителя выбранного адгезивного агента. Оценка чистоты 40 изученных участков подготовленных поверхностей всех восьми зубов (100,0%) подгруппы 1 А после кондиционирования соответствует 0 баллов по разработанной шкале, что существенно

отличается от показателей подгрупп 2 А, 3 А, 4 А ( $p < 0,001$ ) (табл. 1).

При СЭМ-исследовании поверхностей образцов подгруппы 1 В, препарированных новыми борами производства компании Diatech и кондиционированных гелем Multi Etchant, также в 100% случаев установлено отсутствие смазанного слоя на препарированных поверхностях дентина зубов, трещины дентина отсутствуют (рис. 1 Б). Таким образом, свойственное гелю Multi Etchant «мягкое» кондиционирование в достаточной степени подготавливает поверхность дентина зуба к воздействию адгезива. Оценка чистоты всех 40 (100%) участков подготовленных поверхностей зубов подгруппы 1 В после кондиционирования также оценивается в 0 баллов, что существенно отличается от показателей подгрупп 2 В, 3 В, 4 В ( $p < 0,001$ ) (табл. 6). В таблице 1 показано отсутствие различий между подгруппами 1 А и 1 В по критериям наличия трещин дентина и оценки чистоты препарированных поверхностей.

Приступая к оценке поверхностей искусственно сформированных полостей зубов второй группы, препарированных новыми борами производства компании MANI, необходимо учесть, что перед началом препарирования зубов при проведении первичного контроля боров путем СЭМ-исследования были выявлены неоднородности распределения алмазных зерен по рабочим частям инструментов. При микроскопическом исследовании поверхностей дентина зубов после обработки обнаружены царапины, наличие трещин отмечено в пяти зубах в каждой подгруппе второй группы, всего во 2-й группе — 10 (62,5%).

При СЭМ-исследовании поверхностей дентина искусственно сформированных полостей зубов подгруппы 2 А, кондиционированных гелем «Травекс», выявлены многочисленные трещины дентина, отломки эмалевых призм (рис. 3 А) на поверхностях 25 изученных участков дентина (62,5%) пяти зубов, что значительно отличается от показателей подгрупп 1 А и 4 А ( $p < 0,001$ ) и не имеет существенных различий с подгруппой 3 А ( $p = 0,648$ ). Следует иметь в виду, что вследствие этого поверхность дентина зуба хуже поддается кондиционированию, а из-за трещин повышается риск возникновения послеоперационной чувствительности при агрессивном воздействии 37% ортофосфорной кислоты геля «Травекс».

Оценка чистоты подготовленной поверхности этих 25 участков дентина (62,5%) пяти зубов после кондиционирования соответствует 2 баллам по разработанной шкале, что существенно отличается от показателей группы 1 ( $p < 0,001$ ), подгруппы 2 В ( $p = 0,001$ ) и не отличается значительно от показателей подгрупп 3 А ( $p = 0,994$ ), 4 А ( $p = 0,074$ ). Поверхности остальных 15 изученных участков дентина (37,5%) трех зубов получили оценку 1 балл, что существенно отличается от показателей 1-й группы ( $p < 0,001$ ), подгрупп 2 В ( $p = 0,001$ ), 3 А ( $p = 0,003$ ), 4 А ( $p < 0,001$ ) (табл. 1).

В таблице 2 показано отсутствие различий между подгруппами 2 А и 2 В по критериям наличия трещин дентина и оценки чистоты препарированных поверхностей.

СЭМ-исследование поверхностей дентина искусственно сформированных полостей зубов подгруппы 2 В,

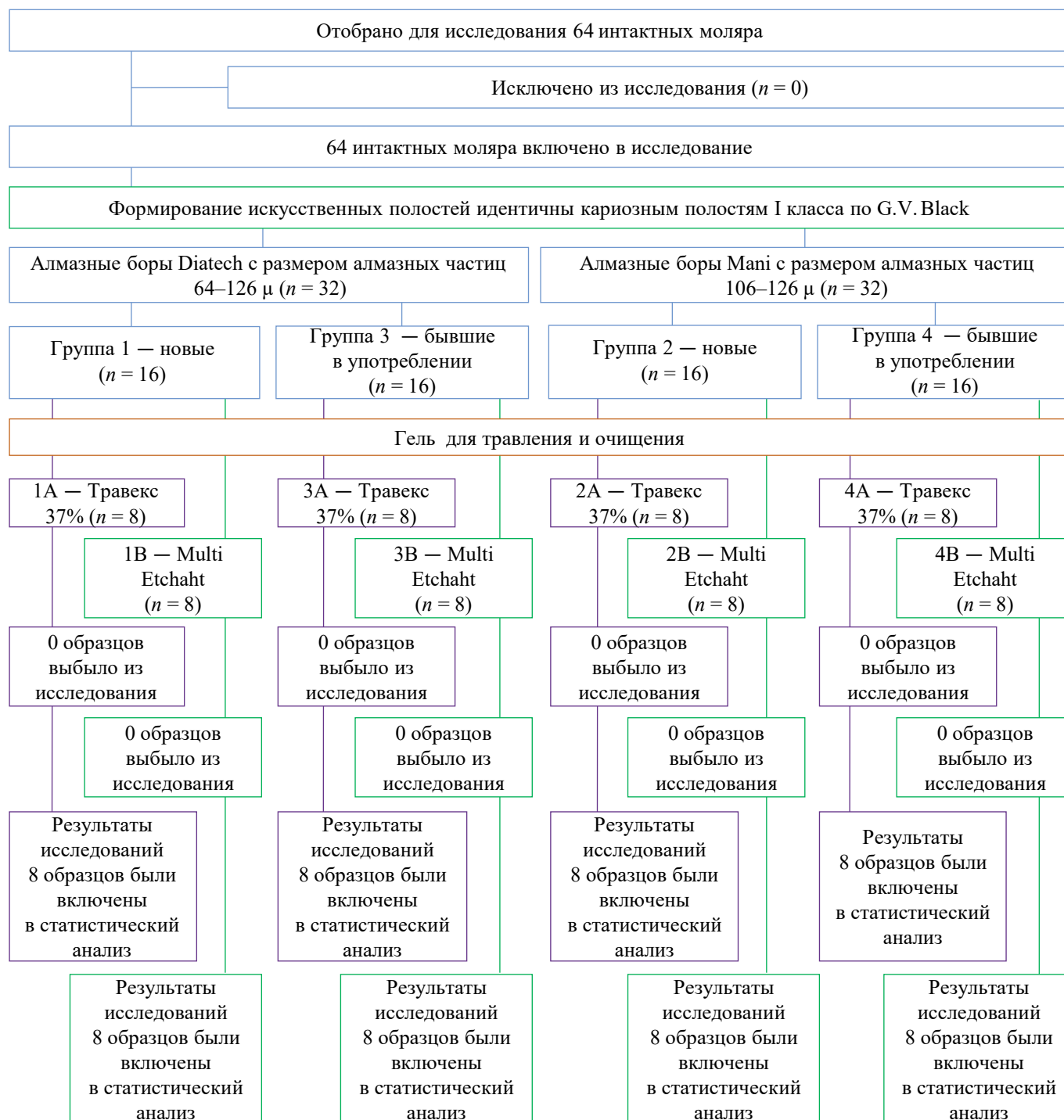


Рис 1. Блок-схема дизайна исследования

Примечание: блок-схема выполнена авторами (согласно рекомендациям TREND).

Fig. 1. Block diagram of the study design

Note: The block diagram was created by the authors (as per TREND recommendations).

препарированных новыми борами производства компании MANI и кондиционированных гелем Multi Etchant, установило отсутствие смазанного слоя, многочисленные конгломераты дентинных опилок. На 24 изученных участках поверхности (60,00%) дентина 5 зубов выявлено наличие трещин, что существенно отличается от 1-й группы, подгруппы 4 В ( $p < 0,001$ ) и не имеет зна-

чимых различий с показателем подгруппы 2 А ( $p = 0,818$ ) и 4 В ( $p = 0,958$ ).

Исследуемые поверхности однородны за счет воздействия вязкого геля Multi Etchant, показатель чистоты 30 (75,00%) изученных участков подготовленных поверхностей 6 зубов после кондиционирования зубов этой подгруппы равен 1 баллу, что существенно отличается от показателя групп

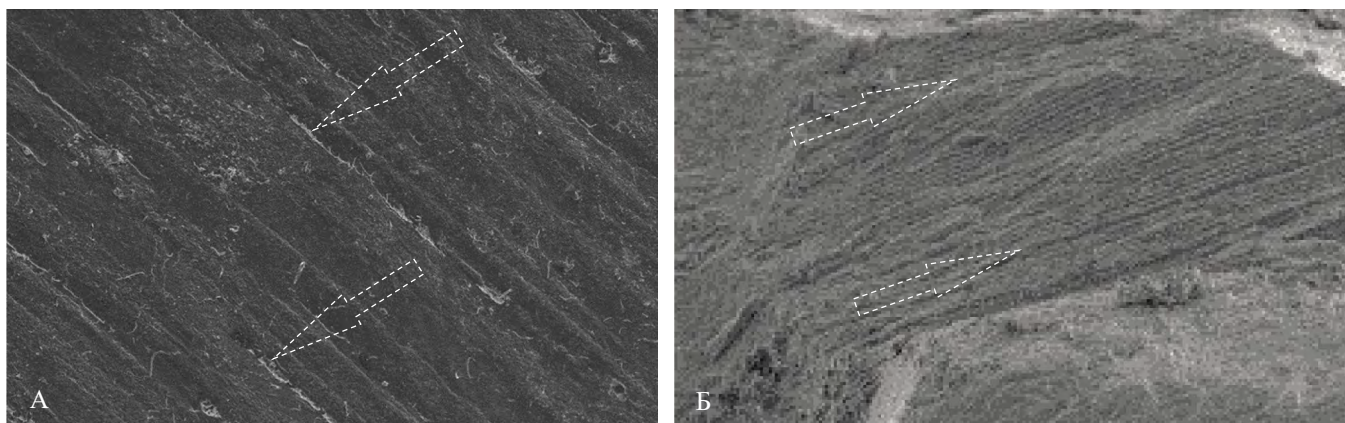


Рис. 2. Электронограммы поверхности дентина зуба после препарирования новыми борами Diatech: А — кондиционирование гелем «Травекс», промывка водо-воздушной струей; Б — кондиционирование гелем Multi Etchant, промывка водо-воздушной струей. Структура поверхности и борозды однородные (отмечено стрелкой), опилки твердых тканей отсутствуют. Увеличение  $\times 200$

Примечание: фотографии выполнены авторами.

Fig. 2. Electron diffraction patterns of the dentin surface after preparation with the new Diatech burs: А — Travex gel conditioning and rinsing with a jet of water and air; Б — Multi Etchant gel conditioning and rinsing with a jet of water and air. The surface structure and grooves are uniform (indicated by the arrow); no hard tissue debris is observed ( $200\times$ )

Note: These images were obtained by the authors.

Таблица 1. Показатели результата оценки чистоты поверхностей твердых тканей искусственно сформированных полостей зубов при обработке новыми борами компании Diatech в зависимости от использованного кондиционера  
Table 1. Surface quality of tooth cavities formed artificially and prepared with the new Diatech burs, depending on the used conditioner

Подгруппы		Интерпретация результата оценки чистоты поверхности твердых тканей зуба				
		0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	Трещины
1 А	абс.	40	0	0	0	0
	%	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1 В	абс.	40	0	0	0	0
	%	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>p</i>		-	-	-	-	-
Разность, %		0,0	-	-	-	-

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: The table was compiled by the authors.

1 и 4 ( $p < 0,001$ ), подгрупп 2 А ( $p = 0,001$ ), 3 А ( $p < 0,001$ ), не отличается значимо от показателя подгруппы 3 В ( $p = 0,958$ ), а одного (2,5%) участка одного зуба — 0 баллов, что также существенно отличается от показателя группы 1 ( $p < 0,001$ ) и не имеет значимых различий с показателями подгрупп 3 В и 4 В ( $p = 0,999$ ) (табл. 6).

Поверхности двух зубов подверглись повторному орошению струей воды для смывания дентинных опилок, которое привело к частично положительному результату; соответственно, оценка чистоты поверхности 9 изученных участков дентина (22,50%,  $p > 0,05$ ) этих зубов по разработанной шкале составила 2 балла (рис. 3 Б), что существенно отличается от показателя группы 1 ( $p < 0,001$ ) и подгрупп 2 А ( $p = 0,001$ ), 4 В ( $p = 0,002$ ) и не отличается значимо от показателей подгруппы 3 В ( $p = 0,991$ ) (табл. 6).

Таким образом, электронно-микроскопическое изучение поверхностей дентина зубов, препарированных новыми

борами, позволяет заключить, что поверхности всех 16 (100,00%) зубов первой группы не имели трещин и по чистоте оценивались в 0 баллов по разработанной шкале, в то время как поверхности 49 из 80 изученных участков дентина (61,25%,  $p < 0,001$ ) 10 зубов второй группы имели трещины (табл. 2) и существенно отличались от показателей 1-й группы по показателю чистоты.

Это позволяет сделать заключение, что применение новых алмазных боров с меньшей дисперсностью частиц (1-я группа) обеспечивает существенно ( $p < 0,001$ ) более качественную подготовку препарированной поверхности по критериям количества трещин и чистоты по сравнению с алмазными борами с большей дисперсностью частиц (2-я группа).

Микроскопическое исследование рабочей поверхности боров Diatech, выдержавших 10 циклов применения, установило незначительную степень износа алмазного

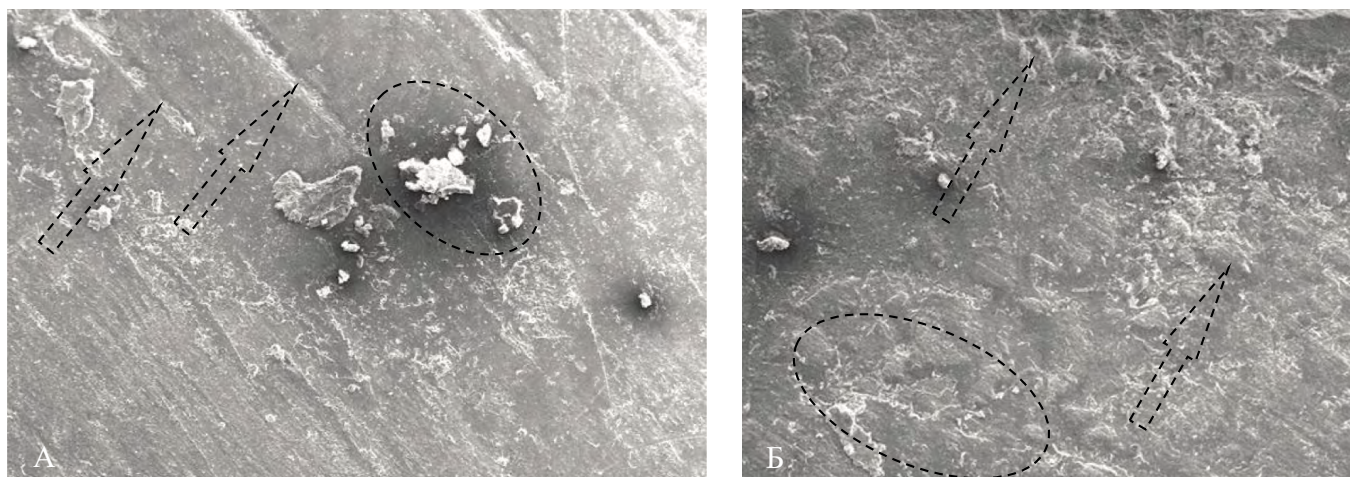


Рис. 3. Электронограммы поверхности дентина зуба после препарирования новыми борами MANI: А — кондиционирование гелем «Травекс», промывка водо-воздушной струей (увеличение  $\times 209$ ): визуализируются царапины (следы препарирования) (отмечено стрелками), конгломераты опилок твердых тканей зуба (отмечено фигурой); Б — кондиционирование гелем Multi Etchant, промывка водо-воздушной струей (увеличение  $\times 211$ ): — многочисленные царапины (отмечено стрелками), визуализируется значительное количество конгломератов опилок твердых тканей зуба (отмечено фигурой)

Примечание: фотографии выполнены авторами.

Fig. 3. Electron diffraction patterns of the dentin surface following preparation with the new MANI burs: А — Travex gel conditioning and rinsing with a jet of water and air ( $209\times$ ): scratches (marks left after tooth preparation; indicated by the arrows) and accumulations of drilling debris (indicated by the oval shape); Б — Multi Etchant gel conditioning and rinsing with a jet of water and air ( $211\times$ ): numerous scratches (indicated by the arrows) and significant accumulations of drilling debris (indicated by the oval shape)

Note: These images were obtained by the authors.

Таблица 2. Показатели результата оценки чистоты поверхностей твердых тканей искусственно сформированных полостей зубов при обработке новыми борами компании MANI в зависимости от использованного кондиционера  
Table 2. Surface quality of tooth cavities formed artificially and prepared with the new MANI burs, depending on the used conditioner

Подгруппы		Интерпретация результата оценки чистоты поверхности твердых тканей зуба				
		0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	Трещины
2 А	абс.	0	15	25	0	25
	%	0,0	37,5	62,5	0,0	62,5
2 В	абс.	1	30	9	0	24
	%	2,5	75,0	22,5	0,0	60,0
<i>p</i>		0,999	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	-	0,818
Разность, %		-	100,0	-64,0	-	-4,0

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: The table was compiled by the authors.

покрытия инструментов, заключающуюся в частичной потере абразива на рабочей поверхности (рис. 4 Б) по сравнению с новыми борами (рис. 4 А).

При исследовании поверхностей дентина искусственно сформированных полостей зубов 3-й группы, отпрепарированных борами производства Diatech, которые ранее выдержали десять циклов использования, выявлено наличие единичных борозд и каверн. При этом в подгруппе 3 А после кондиционирования гелем «Травекс» отмечены трещины дентина поверхностей 23 (57,50%) изученных участков пяти зубов, что существенно отличается от пока-

зателя 1-й группы ( $p < 0,001$ ), подгруппы 4 В ( $p < 0,001$ ), но не имеет значимых различий с показателем подгрупп 2 А ( $p = 0,648$ ) и 3 В ( $p = 0,822$ ) (табл. 5, 6).

Оценка чистоты подготовленных поверхностей 24 (60,00%) изученных участков дентина после кондиционирования пяти (62,50%) зубов — 2 балла по разработанной шкале, что значительно отличается от показателя 1-й группы ( $p < 0,001$ ), подгруппы 3 В ( $p = 0,001$ ) (табл. 3) и не отличается существенно от показателей подгрупп 2 А ( $p = 0,994$ ) и 4 А ( $p = 0,127$ ), и одного (2,50%) участка — 1 балл, что значительно отличается от показателя подгруппы 2 А ( $p <$

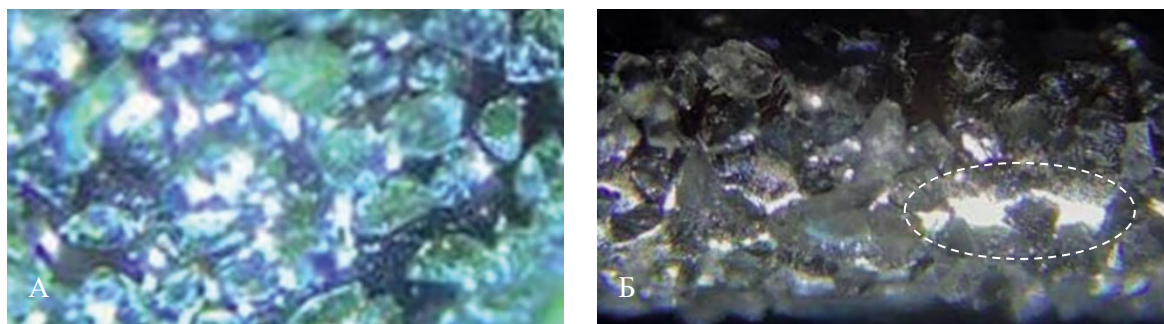


Рис. 5. Электронограммы поверхности бора Diatech: А — нового (увеличение  $\times 40$ ); Б — после 10 циклов применения (увеличение  $\times 43$ ): визуализируются участки потери абразива на рабочей поверхности (отмечено фигурой)

Примечание: фотографии выполнены авторами.

Fig. 5. Electron diffraction patterns of Diatech bur surfaces: А — new ( $\times 40$ ); Б — after ten cycles ( $\times 43$ ): working surface areas without the abrasive (indicated by the oval shape).

Note: These images were obtained by the authors.

0,001) и не имеет существенных различий с показателями подгрупп 1 А и 4 А ( $p = 0,854$ ).

На исследованных поверхностях 14 (35,00%) изученных участков дентина 3-х зубов выявлено большое количество конгломератов опилок твердых тканей зубов, большую часть которых удалось удалить путем повторного орошения струей воды, оценка чистоты поверхности этих трех (37,50%) зубов — 3 балла, что значимо отличается от показателя 1-й и 2-й групп, подгрупп 3 В ( $p < 0,001$ ) и 4 А ( $p = 0,041$ ) (табл. 3, 5, рис. 6 А), а 1 участок (2,50%) получил оценку 1 балл. Таким образом, всего оценка 1 балл была выставлена 2 (5,00%) участкам поверхности 2-х зубов, что также что значимо отличается от показателя 1-й груп-

пы ( $p < 0,001$ ), подгрупп 2 А ( $p = 0,003$ ) и 4 А ( $p < 0,001$ ), 3 В ( $p < 0,001$ ) и не имеет существенных различий с показателем подгруппы 1 А ( $p = 0,854$ ).

По результатам СЭМ-исследования образцов подгруппы 3 В выявлено наличие трещин дентина в 22 (55,00%) изученных участках дентина шести зубов, что существенно ( $p < 0,001$ ) отличается от показателей 1-й группы и подгруппы 4 В ( $p < 0,001$ ) и не отличается значимо от показателей подгрупп 2 В ( $p = 0,958$ ) и 3 А ( $p = 0,822$ ) (табл. 3, 6).

Оценка чистоты подготовленных поверхностей 31 (77,5%) исследованного участка шести зубов после кондиционирования гелем Multi Etchant составила 1 балл, что существенно ( $p < 0,001$ ) отличается от показателя подгрупп

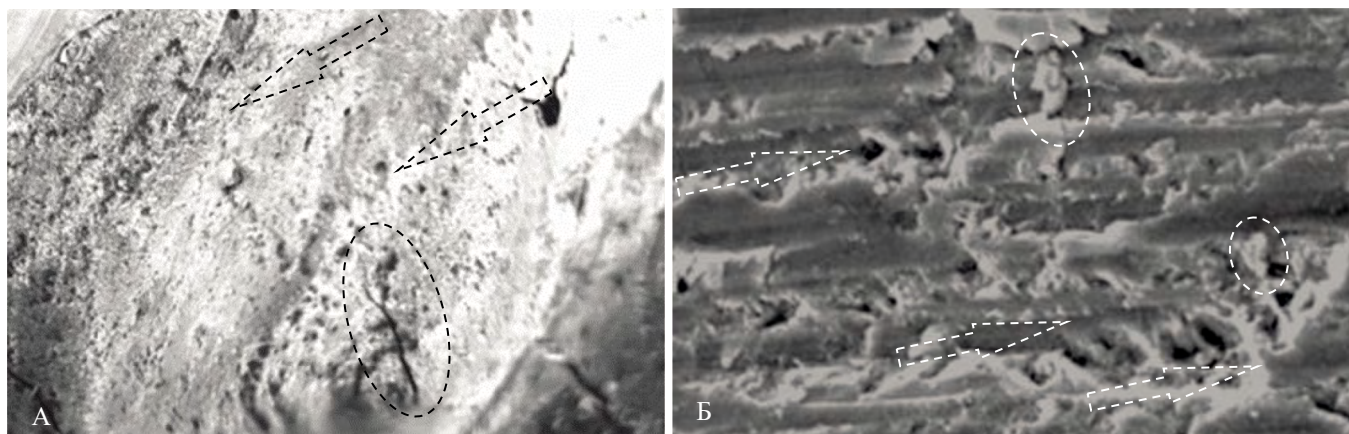


Рис. 6. Электронограммы поверхности дентина зуба после препарирования борами Diatech, использованных в течение 10 циклов: А — кондиционирование гелем «Травекс», промывка водо-воздушной струей (увеличение  $\times 224$ ): наличие единичных редких царапин, борозд и каверн (отмечено фигурой), присутствие трещин дентина (отмечено стрелками); Б — кондиционирование гелем Multi Etchant, промывка водо-воздушной струей (увеличение  $\times 508$ ): обнаружены единичные конгломераты опилок твердых тканей зубов (отмечено фигурами), имеются царапины (отмечено стрелками)

Примечание: фотографии выполнены авторами.

Fig. 6. Electron diffraction patterns of the dentin surface following preparation with the previously used Diatech burs (ten cycles): А — Travex gel conditioning and rinsing with a jet of water and air ( $\times 224$ ): isolated rare scratches, grooves, and cavities (indicated by the oval shape); dentin cracks (indicated by the arrows); Б — Multi Etchant gel conditioning with and rinsing with a jet of water and air ( $\times 508$ ): isolated accumulations of drilling debris (indicated by the oval shapes) and scratches (indicated by the arrows)

Note: These images were obtained by the authors.

Таблица 3. Показатели результата оценки чистоты поверхностей твердых тканей искусственно сформированных полостей зубов при обработке борами компании Diatech после 10 циклов применения в зависимости от использованного кондиционера

Table 3. Surface quality of tooth cavities formed artificially and prepared with the previously used Diatech burs (ten cycles), depending on the used conditioner

Подгруппы		Интерпретация результата оценки чистоты поверхности твердых тканей зуба				
		0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	Трещины
3 А	абс.	0	2	24	14	23
	%	0,0	5,0	60,0	35,0	57,5
3 В	абс.	0	31	9	0	22
	%	0,0	77,5	22,5	0,0	55,0
<i>p</i>		-	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	0,822
Разность, %		-	1450,0	-62,5	-100,0	-4,3

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: The table was compiled by the authors.

3 А, 1 В, 4 В и не имеет значимых различий с показателем подгруппы 2 В ( $p = 0,999$ ). При этом на 9 (22,5%) участках исследуемых поверхностей двух зубов, кроме редких царапин, обнаружены единичные конгломераты опилок твердых тканей зубов, имеются единичные борозды и каверны, после повторного промывания водой — поверхности чистые (рис. 8), оценка чистоты поверхности — 2 балла, что существенно отличается от показателя 1-й группы, подгрупп 3 А ( $p < 0,001$ ) и 4 В ( $p = 0,002$ ) и не отличается значимо от показателя подгруппы 2 В ( $p = 0,991$ ) (табл. 6).

Значимость различий показателей подгрупп 3 А и 3 В отражена в таблице 3.

Таким образом, в группе 3 в целом установлено наличие трещин дентина в области 55 (68,75%) из 80 исследован-

ных участков поверхности полостей 11 из 16 зубов, что существенно отличается от показателей 1, 2 и 4-й групп ( $p < 0,001$ ).

Оценка чистоты поверхности дентина из 80 исследованных участков в 33 (41,25%) случаях составила 1 балл, в 33 (41,25%) случаях — 2 балла и в 14 (17,5%) случаях — 3 балла, что значимо ( $p < 0,001$ ) отличается от показателей 1-й и 2-й групп и подгруппы 4 В, а от подгруппы 4 А значимо отличается только по показателю процента участков дентина с оценкой 3 балла ( $p = 0,041$ ).

Приступая к оценке поверхности искусственно сформированных полостей зубов четвертой группы, отпрепарированных борами производства компании MANI, ранее выдержавшими десять рабочих циклов, необходимо подчеркнуть, что эти боры характеризовались наличием на рабочих поверхностях участков с отсутствием алмазного абразива (рис. 7).

Вероятно, вследствие этого методом сканирующей электронной микроскопии выявлено наличие трещин дентина поверхностей всех 80 (100%) изученных участков полостей 16 (100%) образцов четвертой группы, что существенно ( $p < 0,001$ ) отличается от показателей остальных трех групп.

При СЭМ-исследовании на исследуемых поверхностях дентина зубов подгруппы 4 А в 100% изученных участков отмечено наличие выраженной неровности поверхностей дентина в форме борозд и выступов.

Оценка чистоты подготовленных поверхностей 25 (62,5%) изученных участков дентина пяти зубов после кондиционирования гелем «Травекс» — 3 балла по разработанной шкале, что существенно отличается от показателей 1-й, 2-й групп ( $p < 0,001$ ) и подгрупп 3 А ( $p < 0,05$ ) и 4 В ( $p = 0,025$ ). Поверхности 15 (37,50%) изученных участков дентина остальных трех зубов этой подгруппы получили оценку 2 балла, так как повторное промывание водой привело к уменьшению количества конгломератов опилок (рис. 8 А). По этому показателю закономерно отмечаются существенные различия ( $p < 0,001$ ) с 1-й группой, подгруппой 4 В ( $p = 0,025$ ) и не выявлено значимых

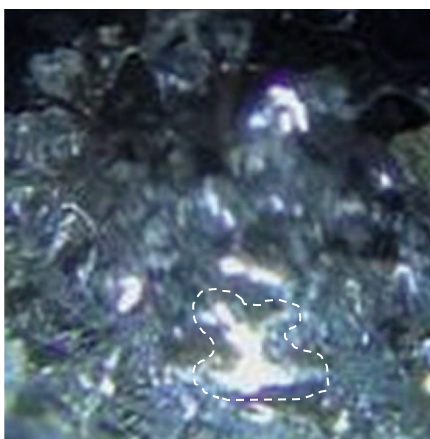


Рис. 7. Электронограммы поверхности бора компании MANI, выдержавшие 10 рабочих циклов. Участок поверхности бора без алмазного абразива (отмечено фигурой). Увеличение  $\times 49$

Примечание: фотография выполнена авторами.

Fig. 7. Electron diffraction patterns obtained for the surface of a previously used MANI bur (ten cycles). Area of the bur surface without the diamond abrasive layer (indicated by the figure); 49 $\times$  magnification.

Note: These images were obtained by the authors.

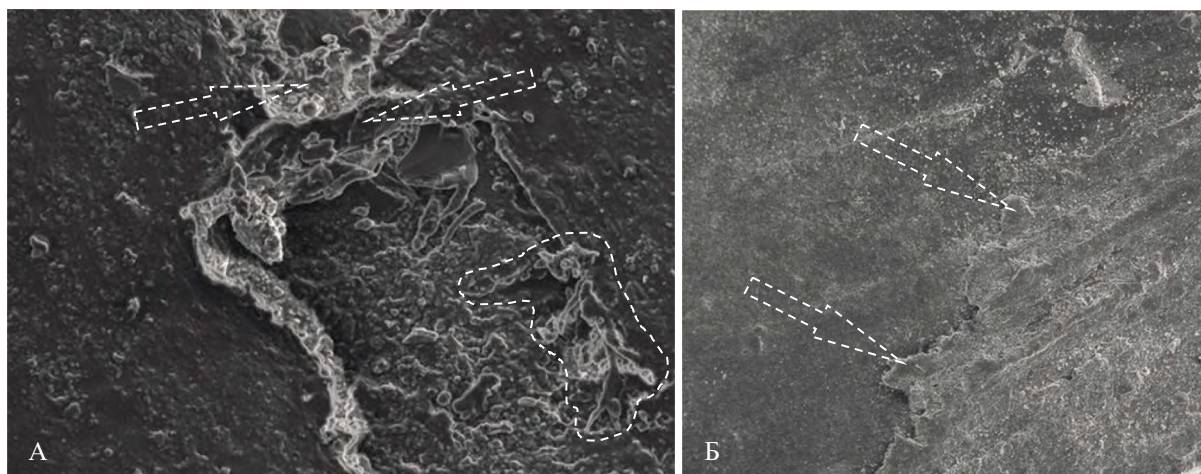


Рис. 8. Электронограммы поверхности дентина зуба после препарирования борами MANI, использованных в течение 10 циклов: А — кондиционирование гелем «Травекс», промывка водо-воздушной струей (увеличение  $\times 319$ ): наличие трещин, а также грубых, неравномерной глубины борозд, сотообразного рисунка дентина (отмечено стрелками), бесструктурные участки твердых тканей зуба (отмечено фигурой); Б — кондиционирование гелем Multi Etchant, промывка водо-воздушной струей (увеличение  $\times 200$ ): поверхность дентина зуба более ровная за счет снижения в ходе протравливания глубины борозд и имеющей высоты выступов (отмечено стрелками)

Примечание: фотографии выполнены авторами.

Fig. 8. Electron diffraction patterns of the dentin surface following preparation with the previously used MANI burs (ten cycles): А — Travex gel conditioning and rinsing with a jet of water and air ( $319\times$ ): presence of cracks, as well as rough grooves of irregular depth, and honeycomb-like dentin (indicated by the arrows); unstructured areas of dental hard tissues (indicated by the figure); Б — Multi Etchant gel conditioning and rinsing with a jet of water and air ( $200\times$ ): the dentin surface is smoother as the depth of grooves and the height of surface peaks is reduced during etching (indicated by the arrows)

Note: These images were obtained by the authors.

различий с подгруппами 2 А ( $p = 0,074$ ) и 3 А ( $p = 0,127$ ) (табл. 5).

На электронограммах зубов подгруппы 4 В (рис. 8 Б) видно, что поверхности дентина искусственно сформированных полостей, кондиционированные гелем Multi Etchant, по визуальной субъективной оценке более ровные, чем в подгруппе 4 А, за счет снижения в ходе протравливания глубины борозд и высоты выступов, выраженные борозды неравномерной глубины выявлены только на 15 (37,50%,  $p < 0,001$ ) электронограммах изученных участков поверхности дентина трех зубов.

Оценка чистоты подготовленных поверхностей этих же 15 (37,50%) изученных участков поверхности дентина трех зубов подгруппы 4 В после кондиционирования гелем Multi Etchant составила 3 балла, существенно отличаясь от показателей 1-й и 2-й групп, подгрупп 3 В ( $p < 0,001$ ) и 4 А ( $p = 0,025$ ) (табл. 4, 6). Оценка 25 (62,5%) изученных участков поверхности дентина остальных пяти (62,5%) зубов — 2 балла по разработанной шкале, что значимо отличается от показателей 1-й группы ( $p < 0,001$ ), подгрупп 2 В ( $p < 0,001$ ), 3 А и 4 А ( $p = 0,025$ ), 3 В ( $p = 0,002$ ).

Значимость различий показателей подгрупп 4 А и 4 В отражена в таблице 4.

Результаты сравнения подгрупп А в 1–4 группах отражены в таблице 5, подгрупп В — в таблице 6.

СЭМ-исследование поверхностей дентина зубов, препарированных борами, выдержавшими 10 циклов применения, позволяет заключить, что имели трещины поверхно-

сти 55 (68,75%,  $p < 0,001$ ) из 80 исследованных участков поверхности полостей 11 из 16 зубов 3-й группы. В то же время трещины имели поверхности всех 80 (100%) изученных участков дентина 16 (100%) зубов 4-й группы ( $p < 0,001$ ).

Таким образом, учитывая существенные различия между подгруппами 3 В и 4 В как по показателям процента изученных участков дентина ( $p < 0,001$ ) с оценкой 1 балл ( $p < 0,001$ ), так и по показателям процента изученных участков дентина с оценкой 2 балла ( $p = 0,002$ ) и 3 балла ( $p < 0,001$ ), в то время как значимое различие между подгруппами 3 А и 4 А выявлено только по показателю процента изученных участков дентина с оценкой 3 балла ( $p = 0,041$ ), значимые различия между подгруппами 3 А и 4 А отсутствовали по показателям процента изученных участков дентина с оценкой 1 балл ( $p = 0,854$ ) и 2 балла ( $p = 0,127$ ), можно сделать заключение, что применение выдержавших 10 циклов использования алмазных боров с меньшей дисперсностью частиц так же, как и новых боров (3-я и 1-я группы), обеспечивает значимо более качественную подготовку препарированной поверхности по критериям количества трещин и чистоты.

#### Дополнительные результаты исследования

Применение геля Multi Etchant обеспечивает более качественную, чем 37% ортофосфорная кислота, подготовку поверхности дентина зуба к следующему этапу адгезивной обработки за счет более высокой ее чистоты даже

Таблица 4. Показатели результата оценки чистоты поверхностей твердых тканей искусственно сформированных полостей зубов при обработке борами компании MANI после 10 циклов применения в зависимости от использованного кондиционера

Table 4. Surface quality of tooth cavities formed artificially and prepared with the previously used MANI burs (ten cycles), depending on the used conditioner

Подгруппы		Интерпретация результата оценки чистоты поверхности твердых тканей зуба				
		0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	Трещины
4 А	абс.	0	0	15	25	40
	%	0,0	0,0	37,5	62,5	100,0
4 В	абс.	0	0	25	15	40
	%	0,0	0,0	62,5	37,5	100,0
<i>p</i>		-	-	<b>0,025</b>	<b>0,025</b>	-
Разность, %		-	-	66,7	-40,0	0,0

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: The table was compiled by the authors.

Таблица 5. Показатели результата оценки чистоты поверхностей твердых тканей искусственно сформированных полостей зубов в 1–4 группах при кондиционировании гелем «Травекс»

Table 5. Surface quality of artificially formed tooth cavities in Groups 1–4 with Travex gel conditioning

Подгруппы		Интерпретация результата оценки чистоты поверхности твердых тканей зуба				
		0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	Трещины
1 А	абс.	40	0	0	0	0
	%	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 А	абс.	0	15	25	0	25
	%	0,0	37,5	62,5	0,0	62,5
	<i>p</i> <sub>1-2</sub>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>&lt;0,001</b>
3 А	абс.	0	2	24	14	23
	%	0,0	5,0	60,0	35,0	57,5
	<i>p</i> <sub>1-3</sub>	<b>&lt;0,001</b>	0,854	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
	<i>p</i> <sub>2-3</sub>	-	<b>0,003</b>	0,994	<b>&lt;0,001</b>	0,648
4 А	абс.	0	0	15	25	40
	%	0,0	0,0	37,5	62,5	100,0
	<i>p</i> <sub>1-4</sub>	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
	<i>p</i> <sub>2-4</sub>	-	<b>&lt;0,001</b>	0,074	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
	<i>p</i> <sub>3-4</sub>	-	0,854	0,127	<b>0,041</b>	<b>&lt;0,001</b>

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: The table was compiled by the authors.

при худшем качестве алмазных боров, за счет вязкой консистенции геля и его химического состава 15% мономера фосфатной кислоты (М-ТЕГ-Р), в сравнении с классическим кондиционированием твердых тканей зуба гелем ортофосфорной кислоты.

На рабочих поверхностях всех 10 (100%) изученных новых (до применения) алмазных боров компании MANI выявлено наличие участков с дефектами алмазного напыления, исследование рабочей поверхности алмазных боров компании MANI после десяти циклов применения выявило наличие участков с отсутствием алмазных зерен различной площади также в 100% случаев. При исследовании

препарированных поверхностей зубов 2-й и 4-й групп кроме трещин выявлено наличие неровностей за счет неравномерной глубины борозд твердых тканей зуба.

#### Нежелательные явления

В рамках проведенного исследования нежелательные явления не были зарегистрированы.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

##### Резюме основного результата исследования

Основной результат исследования выразился в установлении влияния износа вращающегося алмазного инстру-

Таблица 6. Показатели результата оценки чистоты поверхностей твердых тканей искусственно сформированных полостей зубов в 1–4-й группах при кондиционировании гелем Multi Etchant

Table 6. Surface quality of artificially formed tooth cavities in Groups 1–4 with Multi Etchant gel conditioning

Подгруппы		Интерпретация результата оценки чистоты поверхности твердых тканей зуба				
		0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	Трещины
1 В	абс.	40	0	0	0	0
	%	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2 В	абс.	1	30	9	0	24
	%	2,5	75,0	22,5	0,0	60,0
	$p_{1-2}$	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,014</b>	-	<b>&lt;0,001</b>
3 В	абс.	0	31	9	0	22
	%	0,0	77,5	22,5	0,0	55,0
	$p_{1-3}$	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,014</b>	-	<b>&lt;0,001</b>
	$p_{2-3}$	0,999	0,999	0,991	-	0,958
4 В	абс.	0	0	25	15	40
	%	0,0	0,0	62,5	37,5	100,0
	$p_{1-4}$	<b>&lt;0,001</b>	-	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
	$p_{2-4}$	0,999	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>
	$p_{3-4}$	-	<b>&lt;0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>&lt;0,001</b>	<b>&lt;0,001</b>

Примечание: таблица составлена авторами.

Note: The table was compiled by the authors.

мента на чистоту и структуру препарированной поверхности твердых тканей зуба путем оценки поверхности дентина искусственно созданной полости зуба в эксперименте, подготовленной методом кондиционирования препарированной поверхности твердых тканей зуба на основе ее электронно-микроскопического излучения, и ее анализу, согласно разработанной шкале оценки качества и чистоты. Выявлены ключевые моменты, влияющие на рельеф препарированной поверхности. Лучшие результаты дает применение новых вращающихся алмазных инструментов.

#### Обсуждение основного результата исследования

Результаты исследования согласуются с данными других авторов [17–20]. Так, четкую зависимость между дисперсностью алмазных частиц бора и качеством препарированной поверхности выявить не удалось, однако в случае одинаковых условий препарирования применение боров малой дисперсности способствует формированию более равномерной поверхности. На рельеф препарированной поверхности оказывают влияние время препарирования, выраженность износа бора, нагрузка на бор, качество водяного охлаждения, степень минерализованности твердых тканей зуба [19, 20]. Лучшие результаты дает применение новых инструментов с равномерным обильным водяным охлаждением во время препарирования, а также с применением различных по химическому составу ирригантов [21].

Установлено, что зубы 1-й и 3-й групп имели более благоприятные для достижения адгезии поверхности, чем зубы 2-й и 4-й групп. Таким образом, влияние износа бо-

ров производства компании Diatech после десяти циклов применения на качество подготовки поверхностей твердых тканей зубов незначительное. Микроскопическое исследование боров выявило незначительную степень износа алмазного покрытия инструментов, проявившуюся в частичной потере абразива на рабочей поверхности.

Доказано наличие взаимосвязи качества алмазного бора (наличие/отсутствие визуально и микроскопически определяемых участков поверхности бора, лишенных алмазного абразива) и структурной характеристики поверхности твердых тканей зуба после препарирования и кондиционирования. Препарирование как новыми (в 62,5% случаев), так и бывшими в употреблении (в 100% случаев) борами производства компании MANI привело к выявлению наличия трещин твердых тканей зубов.

Равномерное распределение алмазного абразива и надежная его фиксация на рабочей поверхности инструмента компании Diatech наряду с меньшей дисперсностью алмазных зерен способствует формированию более ровной поверхности твердых тканей зуба при одонтопрепарировании и снижению частоты образования трещин, кроме того, происходит выравнивание поверхностей зуба за счет этапа кондиционирования гелями разных химических групп, что, в свою очередь, согласуется с данными литературы [21–24].

#### Ограничения исследования

В эксперимент не включались зубы, пораженные кариесом и некариозными заболеваниями твердых тканей. Исследование проводилось в эксперименте *in vitro*.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Микроскопическое исследование боров производства компании Diatech после десяти циклов применения выявило несущественную степень износа алмазного покрытия инструментов, проявившуюся в частичной потере абразива на рабочей поверхности. Поэтому влияние износа боров на качество подготовки поверхностей твердых тканей зубов незначительное, что способствует формированию ровной поверхности твердых тканей зуба при одонтопрепарировании и снижению частоты образования трещин. Доказано наличие взаимосвязи качества алмазного бора

(наличие/отсутствие визуально и микроскопически определяемых участков поверхности бора, лишенных алмазного абразива) и структурной характеристики поверхности твердых тканей зуба после препарирования и кондиционирования. Препарирование как новыми (в 62,5% случаев), так и бывшими в употреблении (в 100% случаев) борами производства компании Mani привело к выявлению наличия трещин твердых тканей зубов. Гель Multi Etchant обеспечивает более высокую чистоту твердых тканей зуба даже при худшем качестве алмазных боров по сравнению с 37% ортофосфорной кислотой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Гажва С.И., Гажва Ю.В., Манукян А.Г., Янышева К.А., Абдуллаев Н.А., Княшук Е.А. Нарушения микроэлементной стабильности и снижение функциональной устойчивости эмали под воздействием одонтопрепарирования. *Стоматолог. Минск.* 2023;3(50):34–39. [http://dx.doi.org/10.32993/dentist.2023.3\(50\).3](http://dx.doi.org/10.32993/dentist.2023.3(50).3)  
Gazhva SI, Gazhva YuV, Manukyan AG, Yanyшева KA, Abdullaev NA, Knyashchuk EA. Disorders of microelement stability and decreased functional stability of enamel under the influence of odonto-preparation. *Dentist Minsk.* 2023;3(50):34–39 (In Russ.). [http://dx.doi.org/10.32993/dentist.2023.3\(50\).3](http://dx.doi.org/10.32993/dentist.2023.3(50).3)
2. Старовойтова В.С. Варианты обработки эмали перед изготовлением адгезивной шинирующей конструкции. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врачи и Здоровье.* 2024;14(2):158–163. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.2.DENT.1>  
Starovoytova VS. Options for processing enamel before manufacturing an adhesive splinting structure. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ" (Rehabilitation, Doctor and Health).* 2024;14(2):158–163 (In Russ.). <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2024.2.DENT.1>
3. Ахмедбейли П.А. Оценка эффективности лечения гиперчувствительности дентина после препарирования. *Клиническая стоматология.* 2019;3:7–9. [http://dx.doi.org/10.37988/1811-153x\\_2019\\_3\\_7](http://dx.doi.org/10.37988/1811-153x_2019_3_7)  
Ahmedbeyli PA. Assessment of efficiency of treatment of dentin hypersensitivity after preparation. *Clinical Dentistry.* 2019;3:7–9 (In Russ.). [http://dx.doi.org/10.37988/1811-153x\\_2019\\_3\\_7](http://dx.doi.org/10.37988/1811-153x_2019_3_7)
4. Каверина Е.Ю., Гордеева Т.А., Малыхина И.Е., Кошев К.А., Акопьян К.Н. Изучение морфологических особенностей микроструктуры твердых тканей отпрепарированных зубов. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах.* 2024;23(1):46–51. <http://dx.doi.org/10.36622/1682-6523.2024.23.1.007>  
Kaverina EYu, Gordeeva TA, Malykhina IE, Koshev KA, Akopyan KN. Study of the morphological features of the microstructure of hard tissues of prepared teeth. *Sistemny'j Analiz i Upravlenie v Biomedicinskix Sistemax.* 2024;23(1):46–51 (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.36622/1682-6523.2024.23.1.007>
5. Гажва С.И., Манукян А.Г., Тетерин А.И., Янышева К.А., Якубова Е.Ю. Влияние различных способов одонтопрепарирования на структуру и микроэлементный состав эмали. *Клиническая стоматология.* 2023;26(1):24–31. [http://dx.doi.org/10.37988/1811-153x\\_2023\\_1\\_24](http://dx.doi.org/10.37988/1811-153x_2023_1_24)  
Gazhva SI, Manukyan AG, Teterin AI, Yanyшева KA, Yakubova EY. Structural and microelemental changes in enamel under the influence of various methods of preparation. *Clinical Dentistry.* 2023;26(1):24–31 (In Russ.). [http://dx.doi.org/10.37988/1811-153x\\_2023\\_1\\_24](http://dx.doi.org/10.37988/1811-153x_2023_1_24)
6. Hunziker S, Thorpe L, Zitzmann NU, Rohr N. Evaluation of diamond rotary instruments marketed for removing zirconia restorations. *J Prosthet Dent.* 2024;131(5):895–902. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.08.009>
7. Li QZ, Wang CY, Zheng LJ, Zhao DN, Zeng CF. Machinability of enamel under grinding process using diamond dental burrs. *Proc Inst Mech Eng H.* 2019;233(11):1151–1164. <https://doi.org/10.1177/0954411919873804>
8. Ермолович А.Л., Воробьева Ю.Б., Ковалевский А.М. Профилактика пульпита витального зуба, ранее препарированного под ортопедическую конструкцию. *Медико-фармацевтический журнал «Пульс».* 2022;24(5):52–56. <http://dx.doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2022-24-5-52-56>  
Ermolovich AL, Vorobyova YuB, Kovalevskiy AM. Prevention of pulpitis of a vital tooth prepared for an orthopedic construction. *Medical & pharmaceutical journal "Pulse".* 2022;24(5):52–56 (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2022-24-5-52-56>
9. Пархоменко А.Н., Моторкина Т.В., Шемонаев В.И. Изучение влияния различных алгоритмов препарирования зубов под коронки на исход ортопедического лечения. *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание.* 2018;3:15–21. <https://doi.org/10.24411/2075-4094-2018-15981>  
Parkhomenko AN, Motorkina TV, Shemonaev VI. Investigation of influence of various teeth prep algorithms on outcomes of prosthetic treatment. *Journal of New Medical Technologies.* 2018;3:15–21 (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2075-4094-2018-15981>
10. Emir F, Ayyildiz S, Sahin C. What is the changing frequency of diamond burs? *J Adv Prosthodont.* 2018;10(2):93–100. <https://doi.org/10.4047/jap.2018.10.2.93>
11. Li QZ, Wang CY, Zheng LJ, Zhao DN, Zeng CF. Machinability of enamel under grinding process using diamond dental burrs. *Proc Inst Mech Eng H.* 2019;233(11):1151–1164. <https://doi.org/10.1177/0954411919873804>
12. Крихели Н.И., Бычкова М.Н., Саврасова Е.В. Адгезивные системы: от техники тотального протравливания к универсальным адгезивам (обзор). *Клиническая стоматология.* 2022;25(2):6–11. [http://dx.doi.org/10.37988/1811-153x\\_2022\\_2\\_6](http://dx.doi.org/10.37988/1811-153x_2022_2_6)  
Krikheli NI, Bychkova MN, Savrasova EV. Adhesive systems: From total-etch technique to universal adhesives (a review). *Clinical Dentistry.* 2022;25(2):6–11 (In Russ.). [http://dx.doi.org/10.37988/1811-153x\\_2022\\_2\\_6](http://dx.doi.org/10.37988/1811-153x_2022_2_6)
13. Воробьева Ю.Б., Балин В.В., Малышева Д.Д., Кривенцева В.А. Профилактика краевой разгерметизации адгезивного пломбирования полостей V класса по Блеку. *Стоматология.* 2022;101(5):7–10. <https://doi.org/10.17116/stomat20221010517>  
Vorobieva YB, Balin VV, Malysheva DD, Kriventseva VA. Prevention of the marginal fit loss of adhesive fillings in Black class 5 cavities. *Stomatology.* 2022;101(5):7–10 (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/stomat20221010517>
14. Горлачева Т.В., Терехова Т.Н. Содержание химических элементов в эмали зубов после кислотного травления. *Стоматология. Эстетика. Инновации.* 2023;7(2):159–164. <https://doi.org/10.34883/PI.2023.7.2.001>  
Gorlacheva T, Terekhova T. The content of chemical elements in tooth enamel after acid etching. *Dentistry. Aesthetic. Innovations.* 2023;7(2):159–164 (In Russ.). <https://doi.org/10.34883/PI.2023.7.2.001>
15. Ияшвили Л.В., Винниченко Ю.А., Аврамова О.Г. Результаты электрометрической оценки качества краевого прилегания композитного материала к твердым тканям зубов в различных клинических условиях. *Медицинский алфавит.* 2020;3:25–28. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-3-25-28>  
Iyashvili LV, Vinnichenko YuA, Avraamova OG. Results of electrometric assessment of quality of marginal fit of composite material to hard tissues of teeth in various clinical conditions. *Medical alphabet.* 2020;3:25–28 (In Russ.). <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-3-25-28>
16. Романенко И.Г., Чепурова Н.И., Зуева А.С. Выбор адгезивных систем при лечении кариеса корня зуба (обзор литературы). *Вестник медицинского института «Реавиз». Реабилитация, Врачи и Здоровье.* 2021;2(50):50–61. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2021.2.CLIN.2>  
Romanenko IG, Chepurova NI, Zueva AS. Selection of adhesive systems in treatment of tooth root caries (literature review). *Bulletin of*

- the Medical Institute Reaviz. Rehabilitation, Doctor and Health.* 2021;2(50):50–61. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2021.2.CLIN.2>
17. Singh P, Sehgal P. G.V Black dental caries classification and preparation technique using optimal CNN-LSTM classifier. *Multimedia Tools and Applications.* 2020;80(4):5255–5272. <http://dx.doi.org/10.1007/s11042-020-09891-6>
18. Ciucchi P, Neuhaus KW, Emerich M, Peutzfeldt A, Lussi A. Evaluation of different types of enamel conditioning before application of a fissure sealant. *Lasers Med Sci.* 2015;30(1):1–9. <https://doi.org/10.1007/s10103-013-1333-2>
19. Salman SQ, Hussein BMA. Topographical Analysis of Human Enamel after Phosphoric Acid Etching and Er,Cr:YSGG Laser Irradiation. *J Lasers Med Sci.* 2023;14:e68. <https://doi.org/10.34172/jlms.2023.68>
20. Ibrahim DFA, Hasmun NN, Liew YM, Venkiteswaran A. Repeated Etching Cycles of Resin Infiltration up to Nine Cycles on Demineralized Enamel: Surface Roughness and Esthetic Outcomes-In Vitro Study. *Children (Basel).* 2023;10(7):1148. <https://doi.org/10.3390/children10071148>
21. Arnold WH, Haddad B, Schaper K, Hagemann K, Lippold C, Danesh G. Enamel surface alterations after repeated conditioning with HCl. *Head Face Med.* 2015;11:32. <https://doi.org/10.1186/s13005-015-0089-2>
22. Damian LR, Dumitrescu R, Alexa VT, Focht D, Schwartz C, Balean O, Jumanca D, Obistioiu D, Lalescu D, Stefaniga SA, Berbecea A, Fratila AD, Scurtu AD, Galuscan A. Impact of Dentistry Materials on Chemical Remineralisation/Infiltration versus Salivary Remineralisation in Enamel-In Vitro Study. *Materials (Basel).* 2022;15(20):7258. <https://doi.org/10.3390/ma15207258>
23. Chethan KN, Abhilas HN, Eram A, Juneja S, Shetty D, Keni LG. Finite Element Analysis of Dental Diamond Burs: Stress Distribution in Dental Structures During Cavity Preparation. *Prosthesis.* 2025;7(4):84. <http://dx.doi.org/10.3390/prosthesis7040084>
24. Ceylan G, Emir F, Doğdu C, Demirel M, Özcan M. Effect of repeated millings on the surface integrity of diamond burs and roughness of different CAD/CAM materials. *Clin Oral Investig.* 2022;26(8):5325–5337. <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04500-2>

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Воробьева Юлия Борисовна** ✉ — кандидат медицинских наук; доцент кафедры общей стоматологии федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации. <https://orcid.org/0000-0002-7562-5617>

**Ковалевский Александр Мечиславович** — доктор медицинских наук; доцент кафедры общей стоматологии федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации. <https://orcid.org/0000-0002-0772-0663>

**Железняк Владимир Андреевич** — кандидат медицинских наук; начальник кафедры общей стоматологии федерального

## INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Yulia B. Vorobyova** ✉ — Cand. Sci. (Med.); Assoc. Prof., General Dentistry Department S.M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defence of the Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-7562-5617>

**Alexander M. Kovalevsky** — Dr. Sci. (Med.); Assoc. Prof., General Dentistry Department, S.M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defence of the Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-0772-0663>

**Vladimir A. Zheleznyak** — Cand. Sci. (Med.); Head of the General Dentistry Department, S.M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defence of the Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0002-6597-4450>

государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0002-6597-4450>

**Козлова Иванна Витальевна** — врач — стоматолог-терапевт клиники общей стоматологии федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0001-8143-3518>

**Латиф Алека Ринатовна** — врач-стоматолог стоматологической клиники общества с ограниченной ответственностью «Стана».

<https://orcid.org/0000-0002-0051-5421>

**Ivanna V. Kozlova** — dental therapist, Dental Clinic, S.M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defence of the Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0001-8143-3518>

**Aleka R. Latif** — dentist, STANA Dental Clinic.

<https://orcid.org/0000-0002-0051-5421>

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author