**На правах рукописи**

**МАНУКЯН АРТАВАЗД ГЕНРИКОВИЧ**

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ЭМАЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЕРАМИЧЕСКИХ ВИНИРОВ

**3.1.7. Стоматология**

**АВТОРЕФЕРАТ**

**диссертации на соискание ученой степени**

**кандидата медицинских наук**

**Самара – 2026**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

**Научный руководитель:**
доктор медицинских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ
**Гажва Светлана Иосифовна**

**Официальные оппоненты:**
**- Асташина Наталия Борисовна,** доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е. А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра ортопедической стоматологии, заведующий кафедрой.

**- Шемонаев Виктор Иванович,** доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра ортопедической стоматологии, заведующий кафедрой.

**Ведущая организация:** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва.

Защита диссертации состоится «____» _____20.. г. в «____» часов на заседании диссертационного совета 21.2.061.02 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «СамГМУ» Министерства здравоохранения Российской Федерации (443079, г. Самара, пр. К. Маркса, 165 Б).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке (443001, г. Самара, ул. Арцыбушевская, 171) и на сайте (http://www.samsmu.ru/scientists/science/referats/) федерального образовательного учреждения высшего образования «СамГМУ» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Автореферат разослан «____» _____ 2026 г.

**Ученый секретарь**
**диссертационного совета**
доктор медицинских наук, профессор **Степанов Григорий Викторович**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Эстетическая стоматология в настоящее время является не только разделом медицинской науки, но и социально значимой проблемой, поскольку внешний вид улыбки напрямую влияет на самооценку, коммуникативную активность и качество жизни пациентов (Дедова Л.Н. с соавт., 2022, Гажва С.И. с соавт., 2023, Арутюнов С.Д. с соавт. 2026, Di Petto L. F. et al., 2023, Alyahya Y.A., 2024).

Наиболее частыми причинами обращения являются дисколориты и дефекты эмали некариозного и травматического происхождения (нарушения цвета, формы и размера зубов, флюороз, гипоплазия, сколы, клиновидные дефекты), требующие прогнозируемой эстетической коррекции при сохранении максимально возможного объема твердых тканей зуба (Байриков И.М. с соавт., 2023, Жулев Е.Н. с соавт., 2024, Апресян С.В. с соавт., 2024, Верховский А.Е. с соавт., 2024, Саакян М.Ю. с соавт., 2025, Durand J.-C. et al., 2021, Yu F et al., 2024).

Керамические виниры относятся к малоинвазивным ортопедическим конструкциям и позволяют добиться стабильного эстетического результата при условии надежной адгезивной фиксации (Северинова С.К. с соавт., 2024, Киселев В.М. с соавт., 2025, Андреева Е.А. с соавт., 2025, Reis JMDSN et al., 2025, Rojas-Rueda S. et al., 2025). При этом долговечность реставраций определяется не только выбором керамики и адгезивной системы, но и состоянием поверхности эмали после препарирования (Бабуров А., 2021, Sharma N.N. et al., 2023, Akarsu C. et al., 2025). Алмазные боры способны изменять микрорельеф, нарушать морфологию эмалевых призм и трансформировать макро- и микроэлементный профиль, что потенциально влияет на качество адгезионного соединения и риск развития осложнений (Постников М.А. с соавт., 2024, Alyahya Y., 2024, Robles M. et al., 2025).

Формирование биопленки и вариабельность адгезивной активности микроорганизмов в зонах локальной шероховатости способны ухудшать краевое прилегание, способствовать окрашиванию границы реставрации и вторичному кариесу (Арутюнов А.С. с соавт. 2020, Нестеров А.М. с соавт., 2024, Гажва С.И. с соавт. 2024, Арутюнов С.Д. с соавт. 2026, Di Petto L. F. et al 2023, Sharma N.N. et al 2023, Akarsu C et al 2025). Несмотря на наличие исследований, посвященных обработке внутренней поверхности виниров, данные о влиянии способов препарирования эмали на ее микроструктуру, микрошероховатость, микроэлементный состав, адгезивную активность микробиома и прочность соединения «эмаль-винир» изучены недостаточно (Тетерин А.И. с соавт., 2022, Трунин Д.А. с соавт., 2024, Ушницкий И.Д. с соавт., 2024, Аверкина, Н.С., 2024, Каикбердин А.Р. с соавт., 2025, Mihali S. G., 2022, Reis JMDSN et al., 2025, Rojas-Rueda S. et al., 2025).

В связи с этим, актуальной является разработка научно обоснованного, технологически стандартизированного и клинически апробированного алгоритма ортопедического лечения пациентов с эстетическими дефектами эмали малоинвазивными керамическими винирами, включающего в себя выбор щадящего способа подготовки эмали, оптимизацию протокола фиксации, цифровое планирование и современные средства контроля качества выполненного лечения.

**Степень разработанности темы.** Проблема минимально-инвазивного эстетического протезирования активно изучается отечественными и зарубежными авторами (Алиев В.И., 2022, Аверкина Н.С., 2024, Yu H.Y., 2020, Li Z.Y. et al., 2020, Gao J., 2022, Neto H.N.M et al., 2024). Описаны изменения поверхностных слоев эмали после

обработки алмазными борами, особенности протоколов травления и силанизации керамики, влияние различных адгезивных систем и цементов на надежность фиксации виниров.

Вместе с тем, данные о сравнительной оценке водно-воздушно-абразивного и традиционного способов препарирования в алгоритме ортопедического лечения малоинвазивными керамическими винирами пациентов с эстетическими дефектами эмали носят противоречивый характер. Поэтому, изучение влияния препарирования на микроструктуру и микроэлементный состав эмали, ее шероховатость, микробную адгезию и адгезионную прочность соединения с полевошпатной керамикой, представляет актуальную научно-практическую задачу, которая требует дальнейшего поиска путей эффективного решения.

**Цель исследования.** Повышение эффективности ортопедического лечения малоинвазивными керамическими винирами пациентов с эстетическими дефектами эмали путем применения инновационных подходов и усовершенствованных алгоритмов.

**Задачи исследования.**

1. Выявить особенности трансформации структурной организации эмали, её количественного и качественного макро- и микроэлементного состава под воздействием различных способов препарирования.

2. Изучить микрошероховатость эмали, адгезивную активность микробиома к ее рельефу в зависимости от способа препарирования и видовой принадлежности микроорганизмов in vitro.

3. Определить прочность адгезионного соединения «эмаль-винир» методами сдвига, растяжения и установить тип его разрушения в лабораторных условиях.

4. Разработать способ установки керамических виниров и создать цифровой сертификат их подлинности.

5. Усовершенствовать алгоритм ортопедического лечения малоинвазивными керамическими винирами пациентов с эстетическими дефектами эмали и оценить его эффективность in vivo в ближайшие и отдаленные сроки.

**Научная новизна исследования.**

Получены новые данные о структурной трансформации эмали, изменении качественного и количественного ее макро- и микроэлементного состава под воздействием препарирования водно-воздушно-абразивным способом, что позволяет его рекомендовать как метод выбора среди малоинвазивных техник препарирования под керамические виниры.

Впервые изучена адгезивная активность микробиома к локальной шероховатости эмали и установлена ее вариабельность в зависимости от способа препарирования, видовой принадлежности микроорганизмов, что вносит существенный вклад в понимание патогенетических механизмов нарушения краевого прилегания и возникновения кариозного процесса.

Доказано, что водно-воздушно-абразивный способ препарирования способствует созданию прочного адгезионного соединения «эмаль-винир» с когезионным типом разрушения, что расширяет показания к его применению, обеспечивает стабильность и долговечность ортопедической конструкции.

Предложен авторский способ установки керамических виниров из лейцит-усиленной полевошпатной керамики с оптимальными эстетическими параметрами, основанный на минимальном вмешательстве в структуру эмали, использовании

усовершенствованного протокола их фиксации с учетом технологических факторов, влияющих на силу адгезии «эмаль-винир» (патент РФ № 2725274 от 30.06.2020, товарный знак № 795995 от 24.10.2025).

На основании экспериментально-клинических исследований разработан и внедрен усовершенствованный алгоритм ортопедического лечения пациентов с эстетическими дефектами эмали малоинвазивными керамическими винирами, позволяющий стандартизировать лечебный процесс, минимизировать субъективные врачебные ошибки и обеспечить ожидаемый пациентом результат.

Впервые разработан, апробирован и внедрен в клиническую практику «Цифровой сертификат подлинности ортопедических конструкций зубов», снижающий риск возникновения неблагоприятных исходов при повторном стоматологическом вмешательстве (свидетельство РФ № 2023614253 от 27.02.2023).

Разработана и защищена патентом полезная модель «Ретрактор стоматологический», увеличивающая продолжительность стоматологических манипуляций в комфортных условиях (патент РФ № 206627 от 17.09.2021).

Предложенная методология оптимизации алгоритмов ортопедического лечения пациентов с эстетическими дефектами эмали малоинвазивными керамическими винирами, объединяющая фундаментальные знания, инновационные подходы, экспериментальные исследования и клинические испытания, является наукоемкой и практико-ориентированной.

**Теоретическая и практическая значимость.** Полученные экспериментальные данные расширяют представления о влиянии способов препарирования на микроструктуру эмали, ее микроэлементный состав и локальную шероховатость, а также о взаимосвязи этих параметров с адгезией микробиома и прочностью соединения «эмаль–керамика».

Практическая значимость заключается в обосновании применения водно-воздушно-абразивного препарирования как щадящего метода формирования адгезионной поверхности эмали под керамические виниры, в оптимизации протокола фиксации и в разработке усовершенствованного алгоритма ортопедического лечения с использованием цифрового планирования, искусственного интеллекта и цифрового сертификата подлинности ортопедических конструкций.

**Методология и методы исследования.** Методологические подходы в диссертационной работе основываются на комплексном анализе экспериментальных, фундаментальных, микробиологических, аналитических, клинических и статистических результатов комплексного экспериментально-клинического управляемого проспективного исследования, разрешенного этическим комитетом ПИМУ от 20.12.2024 года. Для теоретического обоснования темы диссертации и разработки ее дизайна использовались 185 источников научной литературы, опубликованных в базах данных информационных систем, таких как eLIBRARY, PubMed и CyberLeninka, преимущественно за последние пять лет.

В рамках диссертационного исследования, основываясь на принципах доказательной медицины, были реализованы два этапа: экспериментальный и клинический. Для реализации экспериментального этапа использовались средства визуализации (растровый электронный микроскоп с детектором), водно-воздушно-абразивный и стандартный методы препарирования эмали, цифровые, аддитивные технологии и искусственный интеллект.

Для изучения адгезивной активности микробиома к рельефу шероховатой поверхности эмали, созданной различными способами, и ее вариабельности, использовали микробиологические методы, позволяющие выявить степень ее зависимости от способа препарирования и видовой принадлежности.

Клиническая часть исследования выполнялась с учетом критериев включения, исключения и невключения при участии пациентов (n=50) с эстетическими дефектами эмали, которые были разделены на 2 группы по 25 человек в каждой (n=25), отличающиеся техникой препарирования эмали. Для оценки эффективности проведенного ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями использовались критерии FDI.

Исследование было многокритериальным и многогранным, продолжительным по времени, что позволило объективно оценить результаты и сделать выводы. Участие пациентов в исследовании и ортопедическом лечении осуществлялось на основании их информированного добровольного согласия.

Статистическая обработка проводилась с помощью пакета программ SPSS Statistics 26, с предварительным анализом данных в программе Microsoft Office Excel.

При сравнении групп исследования использовались параметрические (t - критерий для двух независимых выборок, дисперсионный анализ) и непараметрические (критерий Манна-Уитни - для двух независимых выборок, критерий Краскелла-Уоллиса - для нескольких выборок, при необходимости поправка на множественные сравнения Бонферрони). Для обоснования результатов применяли доказательную медицину.

**Основные положения, выносимые на защиту.**

1. Водно-воздушно-абразивный способ препарирования максимально сохраняет структуру эмали, ее макро- и микроэлементный состав, влияет на вариабельность адгезии микробиома, создает оптимальные условия для прочного соединения «эмаль-винир» при разрушении по когезионному типу.

2. Разработанный авторский способ установки виниров и усовершенствованный алгоритм ортопедического лечения пациентов с эстетическими дефектами эмали обеспечивают высокую эффективность стоматологической реабилитации, стабильность функционирования керамических конструкций и долгосрочный эстетический результат (патент РФ № 2725274).

3. Сертификат подлинности ортопедических конструкций позволяет идентифицировать процесс лечения с визуализацией его особенностей в цифровом формате (свидетельство РФ № 2023614253).

**Степень достоверности и апробация результатов.** Статистическая значимость полученных результатов диссертационного исследования подтверждается методологическими подходами и принципами биомиметики, что предполагает целостное решение поставленных задач: сочетает малоинвазивные, органосохраняющие методики с цифровыми инструментами и применением современного исследовательского и стоматологического оборудования. Обоснованность выводов обеспечена достаточным объёмом экспериментальных и клинических наблюдений, корректным дизайном исследования и строгой статистической обработкой, что придаёт результатам высокий уровень доказательности.

Тема диссертации утверждена на заседании Ученого совета ФГБОУ ВО ПИМУ протокол № 10 от «25» октября 2024 года. Апробация полученных результатов проведена

на заседании проблемной комиссии Института стоматологии ПИМУ с участием представителей профессорско-преподавательского состава подразделений стоматологического факультета. Факт апробации подтверждён протоколом заседания № 6 от 19.02.2026.

**Внедрение результатов.** Материалы и результаты экспериментально-клинического исследования внедрены в учебный процесс: кафедры стоматологии ФДПО ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, кафедры стоматологии ГАУ ДПО «Институт усовершенствования врачей» Минздрава Чувашии при различных формах обучения: профессиональной переподготовке, циклов повышения квалификации, тематического усовершенствования. Целевая аудитория: профессорско-преподавательский состав высших учебных заведений, врачи практического здравоохранения, ординаторы и аспиранты.

Кроме того, данные диссертационного исследования используются в лечебно-диагностическом процессе стоматологических клиниках Нижнего Новгорода и Москвы. Неоднократно результаты научных изысканий озвучивались в рамках научно-практических конференций с международным участием, положены в основу методических разработок кафедры, обеспечивая актуализацию учебных модулей и практико-ориентированное обучение.

**Личный вклад автора.** Личный вклад автора в научно-исследовательскую работу был емким, последовательным, содержащим как теоретический анализ 185 литературных источников, информационных баз данных (eLIBRARY, CyberLeninka, PubMed, Scopus, Web of Science), выполнение экспериментальной и клинической частей исследования, так и формулировку выводов (5) и практических рекомендаций (5).

Кроме того, он лично принимал участие в проведении научного исследования в соответствии с разработанным дизайном: готовил образцы зубов, формировал группы пациентов, проводил ортопедическое лечение, осуществлял анализ и статистическую обработку полученных результатов, обосновал выводы и практические рекомендации. Автор участвовал в разработке новых инновационных технологий, защищенных патентами и свидетельствами на интеллектуальную собственность.

**Соответствие паспорту научной специальности.** Исследование в диссертации проведено в соответствии с паспортом научной специальности 3.1.7. Стоматология (область науки: Медицинские науки) в рамках темы «Методологический подход в персонифицированной медицине при патологических состояниях органов полости рта и челюстно-лицевой области», включенной в научно-исследовательскую программу ФГБОУ ВО ПИМУ (Протокол №2 от 19.12.2019 г.).

**Список изданных научных работ по теме диссертации.** Опубликовано 7 научных работ по теме диссертации, в том числе: 4 статьи в журналах, включенных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций. Из них: 2 в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Scopus). Получен 1 патент РФ на полезную модель, 2 патента РФ на изобретение, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 1 товарный знак.

**Объем и структура диссертации.** Дизайн диссертации подчинен её исследовательскому замыслу: главы расположены последовательно, каждая решает конкретную задачу и логически подводит к следующему этапу, что обеспечивает достижение итоговых целей работы.

Диссертация изложена на 171 странице компьютерного текста и состоит из введения, 4 глав собственных исследований, выводов, практических рекомендаций, приложения, списка сокращений, списка литературы. Работа иллюстрирована 29 таблицами и 95 рисунками. Список литературы содержит 185 источников, из них 69 отечественных и 116 иностранных авторов.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Материалы и методы исследования.** В соответствии с целью и задачами исследования был сформирован дизайн, включающий экспериментальный и клинический этапы (Рисунок 1).

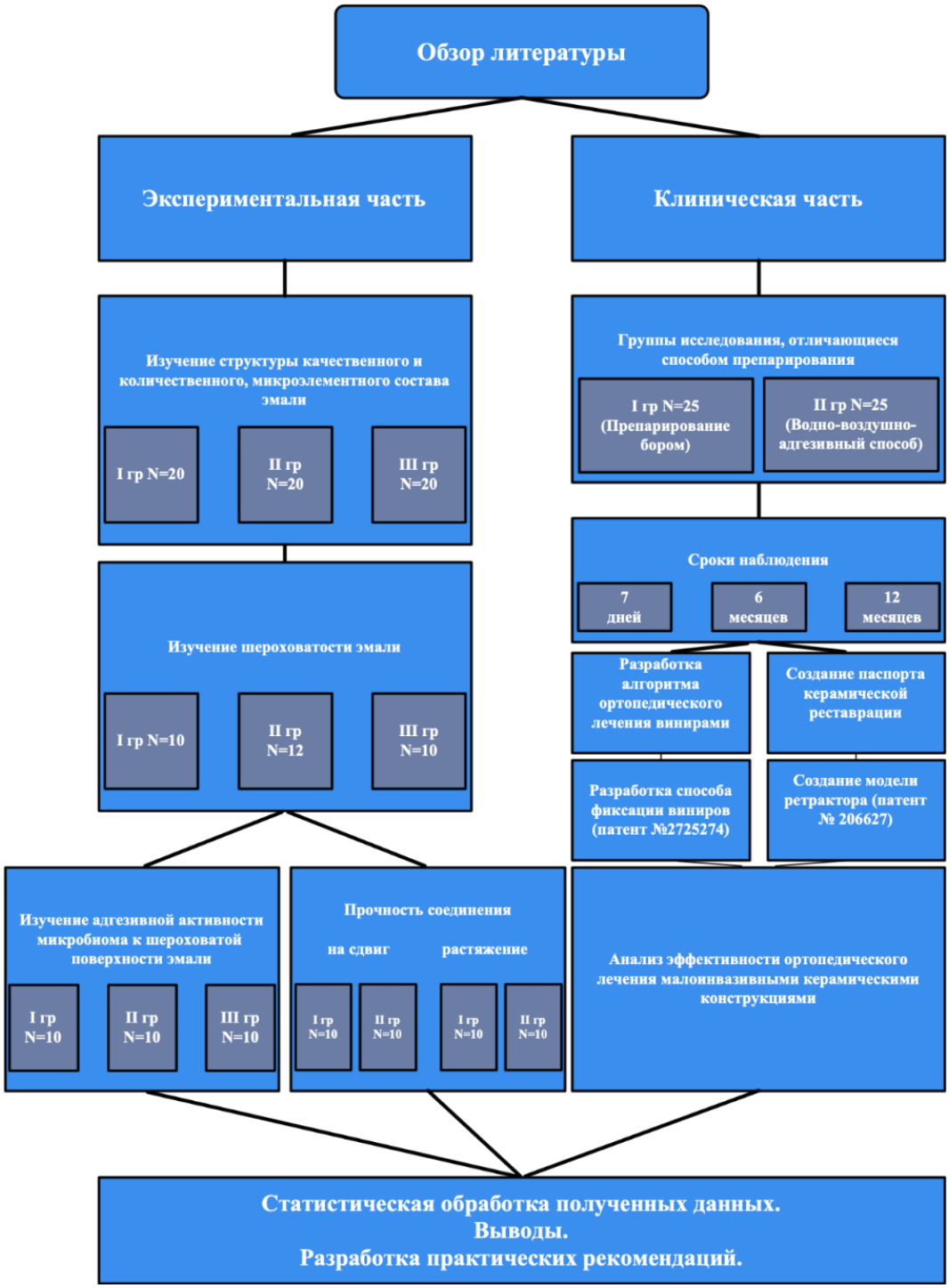



Рисунок 1 – Дизайн экспериментально-клинической части исследования

Экспериментальная часть содержала анализ микроструктуры эмали и ее микроэлементного состава, оценку параметров микрошероховатости, изучение адгезивной активности представителей микробиома полости рта к локальной шероховатости эмали, а также определение прочности соединения «эмаль–полевошпатная керамика» методами сдвига и растяжения. При этом, для решения каждой последующей задачи изготавливались образцы из удаленных по ортодонтическим показаниям, зубов в соответствии с техническим заданием и требованием ГОСТов.

В рамках эксперимента было изготовлено 60 образцов зубов согласно технологии Гилевой О.С. и Ерофеевой Е.С. (рацпредложение №2488 от 30.11.2009). Для оценки структурной трансформации и микроэлементного состава образцы распределяли на три группы, в зависимости от способа препарирования: интактная эмаль (n=20), препарирование алмазными борами (n=20), водно-воздушно-абразивная обработка (n=20). Микроструктурный анализ выполняли методом растровой электронной микроскопии (Quanta 3D 200i FEI) с получением серий микрофотографий (240) при увеличениях ×400, ×800, ×3000 и ×6000. Количественный анализ макро- и микроэлементов проводили энергодисперсионным методом в единицах At% и Wt%.

Параметры шероховатости поверхности эмали у трех групп образцов (n=32) оценивали с помощью профилометра Tr200 (показатель Ra) (Таблица 1).

Таблица 1 – Группы образцов зубов для определения шероховатости.

| Группы | Количество образцов | Способ препарирования |
|---|---|---|
| **I** | N=10 | Интактная эмаль |
| **II** | N=12 | Препарирование борами с различной зернистостью |
| **III** | N=10 | Обработка водно-воздушно-абразивным способом |

Адгезивную активность микроорганизмов определяли in vitro на локальных участках эмали с различным микрорельефом, сформированным разными способами препарирования (n=30). В качестве тест-культур использовали представителей нормофлоры и условно-патогенных микроорганизмов: Streptococcus salivarius, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa, Candida albicans и Candida krusei. Измерение оптической плотности выполняли на планшетном ридере (длина волны 570 МГц).

Для исследования прочности соединения «эмаль-полевошпатная керамика» изготавливали стандартизованные образцы (n=40), после чего проводили испытания на универсальной испытательной машине (Zwick/Roell Z010) в соответствии с действующими стандартами (ГОСТ Р 31574-2012, ГОСТ Р 59665-2021). Оценивали предельные значения прочности на сдвиг и растяжение, а также тип разрушения соединения.

Клиническая часть исследования включала ортопедическое лечение 50 пациентов, отобранных на основании критериев включения, невключения и исключения, обоего пола в возрасте 20–40 лет (19 мужчин (38%) и 31 женщина (62%)) с эстетическими дефектами эмали (K00.30, K00.40, S02.50, K03.1, K00.2).

Рандомизировано пациенты были распределены на две группы в зависимости от способа препарирования эмали. Первая группа (n=25) - пациенты, которым на этапе подготовки к ортопедическому лечению препарирование эмали проводилось по стандартной технологии, вторая группа (n=25) - пациенты с обработкой эмали водно-воздушно-абразивным методом.

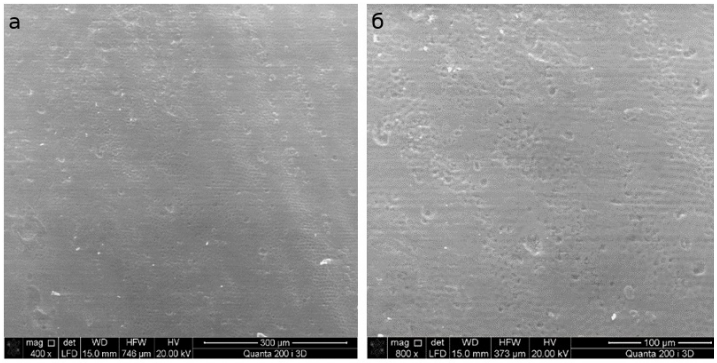
Клиническое обследование пациентов с последующим ортопедическим лечением проводилось с использованием оптических инструментов по определенной схеме: начиная от выяснения жалоб и анамнеза заболевания и заканчивая, на первом этапе, обследованием твердых тканей зубов (ИИГЗ, DI, Шкала TF), тканей пародонта (PHP, PMA, OHI-S, API Lange), состояния слизистой оболочки полости рта по разработанному нами алгоритму с регистрацией данных в персонифицированной «карте осмотра».

Из дополнительных методов исследования были применены тесты витальности пульпы (термодиагностика, электроодонтодиагностика), рентгенодиагностика (КЛКТ), аутофлуоресцентная стоматоскопия. Дополнительно в алгоритм лечения интегрированы цифровые технологии планирования (Smile Design), искусственный интеллект, реализованный с помощью программного обеспечения «Diagnocat» и платформы «DIANA», цифровой сертификат подлинности ортопедических конструкций.

Эффективность лечения оценивали по критериям FDI в динамике наблюдения (7 дней, 6 и 12 месяцев).

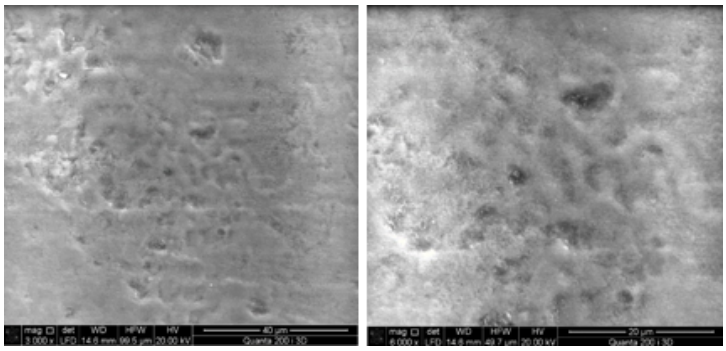
**Результаты экспериментальных исследований**

**Структурная трансформация и микроэлементный состав интактной и препарированной эмали.** Растровая электронная микроскопия интактной эмали выявила относительно ровную поверхность с сохраненной архитектоникой эмалевых призм. При увеличении ×400–×800 визуализируется однородный микрорельеф без выраженных борозд и дефектов. При увеличениях ×3000–×6000 отмечаются участки с развитой пористостью и вариативной ориентацией кристаллов гидроксиапатита, что соответствует нормальной микроструктуре эмали (Рисунки 2,3).




а б

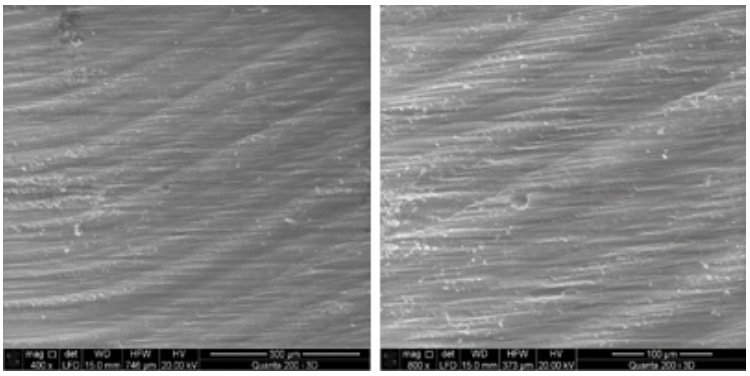
Рисунок 2 – Микроструктура интактной эмали (а – ×400; б – ×800).



а б

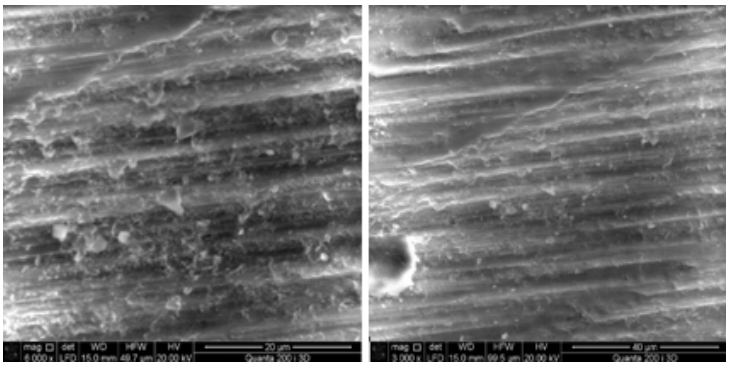
Рисунок 3 – Интактная эмаль (а – ×3000; б – ×6000)

После препарирования алмазными борами поверхность эмали приобретает выраженную направленную исчерченность, наблюдаются поврежденные пучки эмалевых призм и микротрещины. Формируется неоднородный рельеф с бороздами, выступами и ретенционными пунктами, способными становиться зонами фиксации биопленки (Рисунки 4, 5)



а б

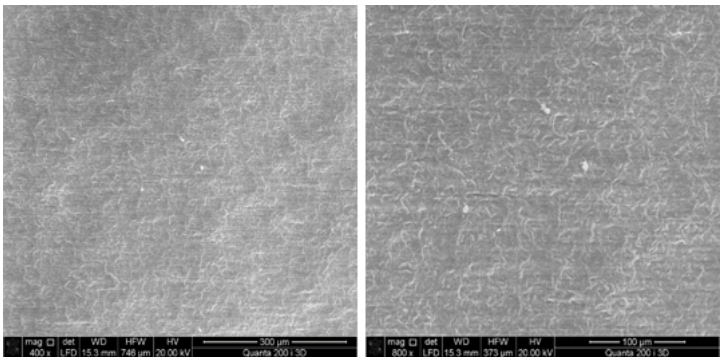
Рисунок 4 – Эмаль после обработки алмазным бором (а – ×400; б – ×800)



а б

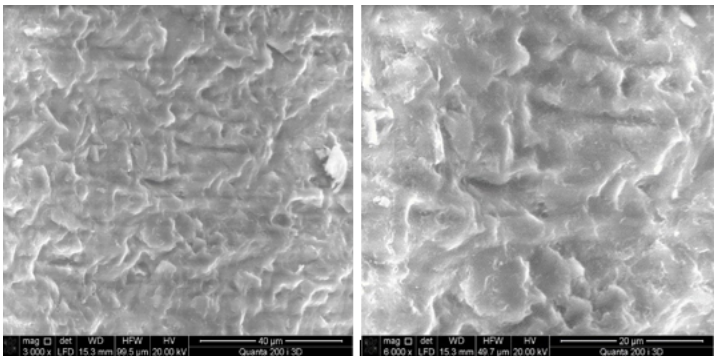
Рисунок 5 – Эмаль после обработки алмазным бором (а – ×3000; б – ×6000)

Водно-воздушно-абразивная обработка, напротив, формирует более равномерный «зернистый» микрорельеф без грубой исчерченности; при этом сохраняются структурные элементы эмали, а глубина повреждений минимальна. Отмечается значительное количество углублений неправильной формы и контуров (порядка 3–6 нм), а отдельные участки рельефа можно интерпретировать как проявление эффекта «раскалывания» (Рисунки 6, 7).



а б

Рисунок 6 – Эмаль после водно-воздушно-абразивной обработки (а – ×400; б – ×800)



а б

Рисунок 7 – Эмаль после водно-воздушно-абразивной обработки (а – ×3000; б – ×6000)

Энергодисперсионный анализ подтвердил, что способ подготовки эмали сопровождается изменениями макро- и микроэлементного профиля. Наиболее значимые колебания касались содержания углерода и кислорода (характеризующих органический компонент), а также кальция, магния и фосфора (минеральная фаза). Для водно-воздушно-абразивной обработки отмечена тенденция к меньшим изменениям микроэлементного состава по сравнению со стандартным препарированием алмазными борами (Таблица 2, Рисунок 8).

Таблица 2 – Количественный состав макро- и микроэлементов эмали (At%, M±SD) в зависимости от способа подготовки поверхности.

| Элемент | Группа 1 (интактная эмаль) | Группа 2 (алмазный бор) | Группа 3 (воздушно-абразивная обработка) |
|---|---|---|---|
| **C (углерод)** | 28.4±6.65 | 26.1±5.84 | 20.56±4.08 |
| **O (кислород)** | 41.67±7.82 | 41.76±6.79 | 47.69±6.27 |
| **Na (натрий)** | 0.55±0.2 | 0.54±0.18 | 0.71±0.21 |
| **Mg (магний)** | 0.45±0.2 | 0.21±0.19 | 0.37±0.33 |
| **Al (алюминий)** | 0.49±0.62 | 0.24±0.11 | 0.42±0.34 |
| **P (фосфор)** | 8.27±3.66 | 9.96±1.09 | 9.89±1.66 |
| **Ca (кальций)** | 15.8±4.69 | 18.04±3.72 | 17.79±4.05 |

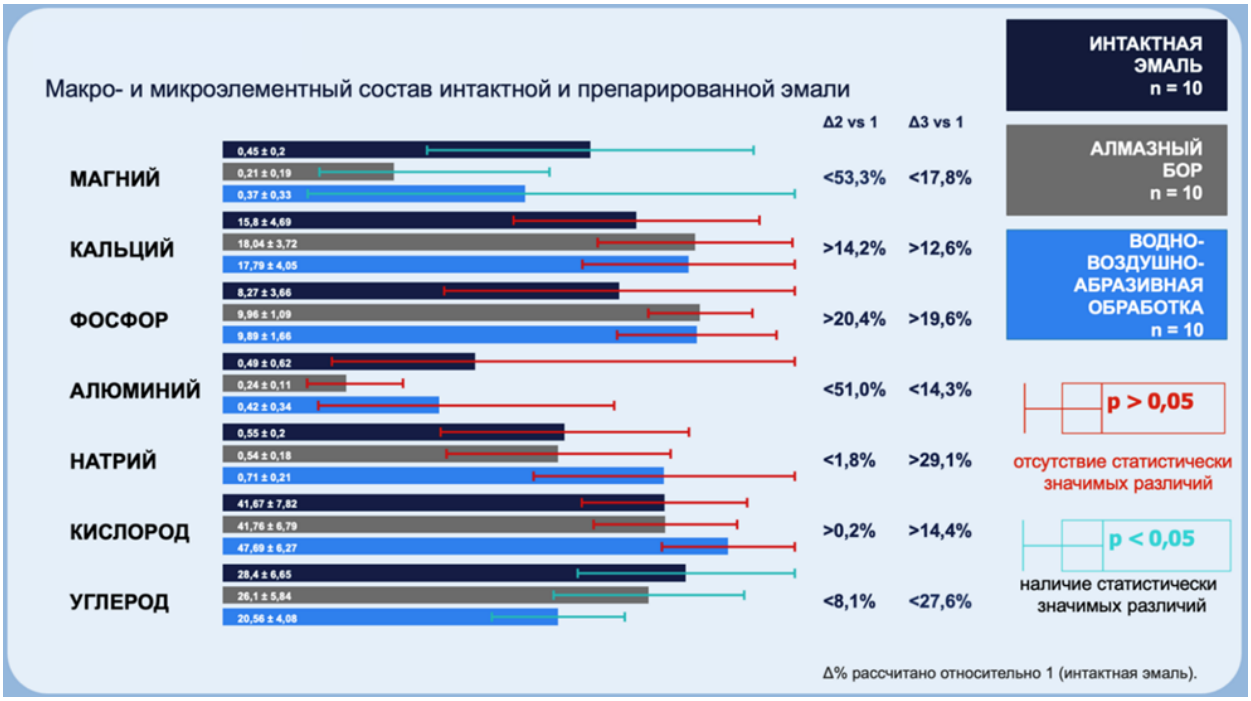



Рисунок 8 – Диаграмма макро- и микроэлементного состава эмали в группах наблюдения

В целом, межгрупповые различия для ряда показателей достигают статистической значимости при $p<0,05$ для сравнений 1–2, 1–3 и 2–3.

Для оценки различий по содержанию углерода использовали описательную статистику и однофакторный дисперсионный анализ; дополнительно анализировали таблицы сопряжённости с критерием $\chi^2$ Пирсона ($\chi^2=8,375$; df=2). Статистически значимые различия выявлены между 1-й и 3-й группами ($p=0,0098$), а также между 2-й и 3-й группами ($p=0,0483$) (Рисунок 9).

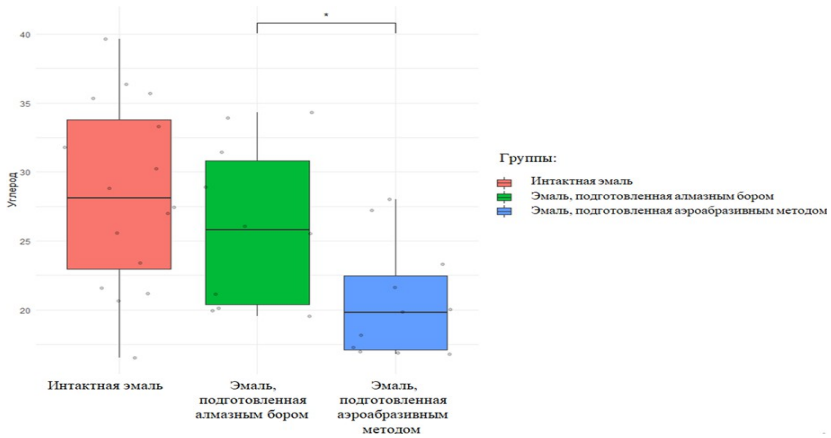



Рисунок 9 – Содержание углерода в группах наблюдения.

По магнию установлено уменьшение его доли во 2-й и 3-й группах по сравнению с интактной эмалью. После препарирования водно-воздушно-абразивным методом показатель был выше, чем после препарирования алмазным бором (примерно в 1,36 раза),

однако статистически значимые различия по критерию $\chi^2$ ($\chi^2$=6,7268; df=2) выявлены только при сравнении 1-й и 2-й групп (p=0,034) (Рисунок 10).

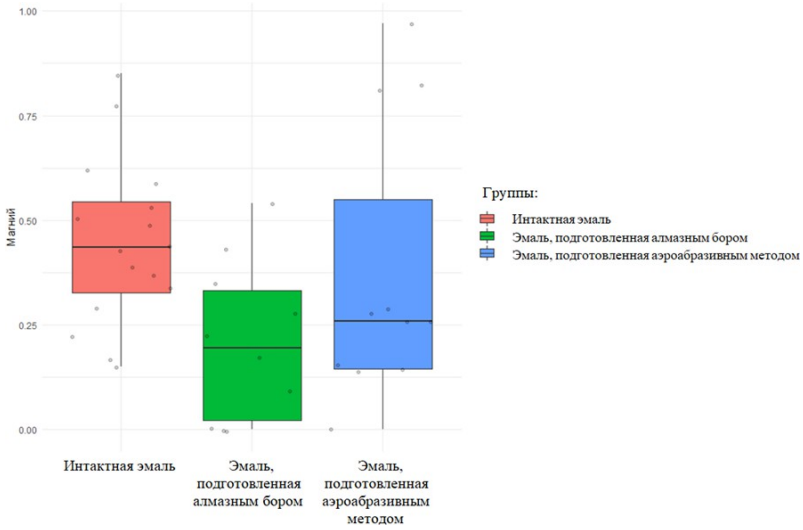



Рисунок 10 – Сравнение магния в группах наблюдения.

При анализе алюминия и натрия статистически значимых различий получено не было: для Al $\chi^2$=1,096 (df=2; p=0,5781); для Na по однофакторному дисперсионному анализу F=2,494 (p=0,0976).

Содержание кислорода имеет тенденцию к увеличению во 2-й и 3-й группах, однако межгрупповые различия не достигают статистической значимости (F=2,731; p=0,0795) (Рисунок 11).

По кальцию и фосфору отмечен прирост по сравнению с интактной эмалью: во 2-й группе на 2,24 At% (Ca) и 1,69 At% (P), в 3-й группе на 1,99 At% и 1,62 At% соответственно. При этом статистическая проверка не выявила значимых различий: для P $\chi^2$=1,3965 (df=2; p=0,4975), для Ca F=1,119 (p=0,338).

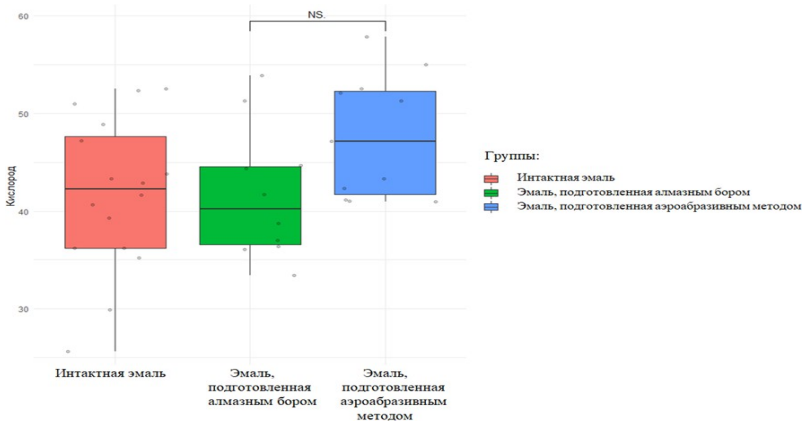



Рисунок 11 – Содержание кислорода в группах наблюдения.

Полученные результаты подтверждают трансформацию структуры эмали, изменения количественного и качественного макро- и микроэлементного состава под действием экзогенных факторов, одним из которых является препарирование.

**Микрошероховатость эмали при различных способах препарирования.** Измерение параметра Ra показало, что способ обработки существенно влияет на степень микрошероховатости. Так показатели шероховатости поверхности интактной эмали зуба в образцах составляют 2,44 ± 0,37 мкм. Препарирование эмали бором увеличивает значения

Ra (степень шероховатости) поверхности зуба более чем в 3 раза по сравнению с интактной эмалью и достигает значений 7,79 ± 1,17 мкм против 2,44 ± 0,37 мкм, соответственно.)

Под воздействием водно-воздушно-абразивной обработки эмаль меняет свой рельеф, визуализируемый как локальная равномерная шероховатость в пределах 4,59 ± 0,69 мкм. (Таблица 3, Рисунок 12).

Таблица 3 – Параметры шероховатости поверхности эмали (Ra, мкм, M±SD) при различных видах обработки.

| Вид обработки | Ra ± Δ, мкм |
|---|---|
| **Интактная эмаль** | **2,44 ± 0,37** |
| **Препарирование бором** | **7,79 ± 1,17** |
| **Водно-воздушно-абразивный способ** | **4,59 ± 0,69** |

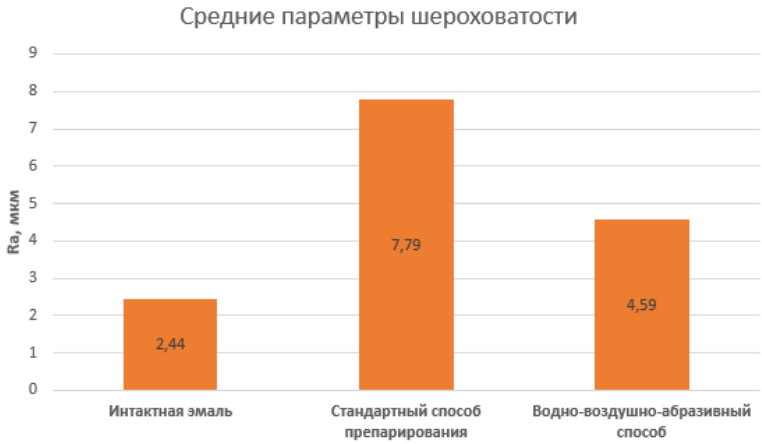



Рисунок 12 – Средние параметры шероховатости эмали (Ra) при различных видах обработки.

С практической точки зрения умеренная шероховатость может рассматриваться как потенциально оптимальная, поскольку обеспечивает увеличение площади контакта и микромеханическую ретенцию для адгезивной фиксации, одновременно снижая риск формирования выраженных ретенционных пунктов для биопленки.

Проведенное исследование свидетельствует о том, что способ препарирования эмали на этапах ее подготовки к фиксации образцов полевошпатной керамики, в условиях эксперимента, влияет на степень выраженности рельефа ее шероховатости, которая напрямую зависит от количества удаленных тканей и способа их удаления.

**Адгезивная активность микробиома полости рта к локальной шероховатости эмали (in vitro).** Адгезивная активность микроорганизмов к поверхности эмали оценивалась по оптической плотности биопленки. Полученные данные подтвердили вариабельность адгезии в зависимости как от вида микроорганизма, так и от способа подготовки эмали (Таблица 4, Рисунок 13).

Установлено, что максимальные значения адгезии для большинства исследованных культур отмечались на поверхности, препарированной алмазным бором, что коррелировало с более выраженной микрошероховатостью. Водно-воздушно-абразивная обработка, формируя более равномерный рельеф, в ряде случаев сопровождалась меньшей выраженностью адгезии по сравнению со стандартным препарированием. Особое внимание в исследовании уделялось Pseudomonas aeruginosa как условно-патогенному микроорганизму с высоким потенциалом к биопленкообразованию и устойчивости во

внешней среде, что делает его показательным маркером риска микробной контаминации в условиях повышенной шероховатости.

Таблица 4 – Адгезивная активность микроорганизмов к поверхности эмали при различных видах обработки (оптическая плотность, M±SD).

| Микроорганизм | Интактная эмаль | Водно-воздушно-абразивный способ | Обработка бором |
|---|---|---|---|
| **S. salivarius** | 2,44±0,03 | 2,13±0,09 | 2,80±0,04 |
| **S. aureus** | 2,44±0,04 | 3,08±0,56 | 3,20±0,15 |
| **Pseudomonas** | 0,75±0,06 | 1,00±0,12 | 1,49±0,06 |
| **C. albicans** | 1,33±0,02 | 2,22±0,05 | 1,98±0,12 |
| **C. kruzei** | 0,91±0,17 | 0,71±0,03 | 0,89±0,05 |

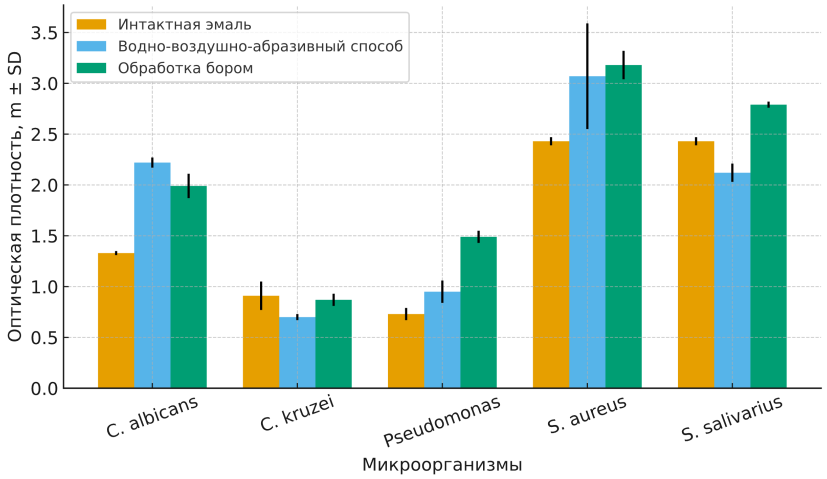



Рисунок 13 – Адгезивная активность исследованных микроорганизмов при разных видах обработки эмали (in vitro).

Для оценки стабильности адгезивной активности микроорганизмов в зависимости от способа обработки эмали использовался коэффициент вариации (CV). Этот показатель отражает степень разброса значений внутри группы: чем ниже CV, тем однороднее поведение микроорганизмов. Высокие значения CV указывают на нестабильность адгезии и повышенную вариабельность результатов (Рисунок 14).

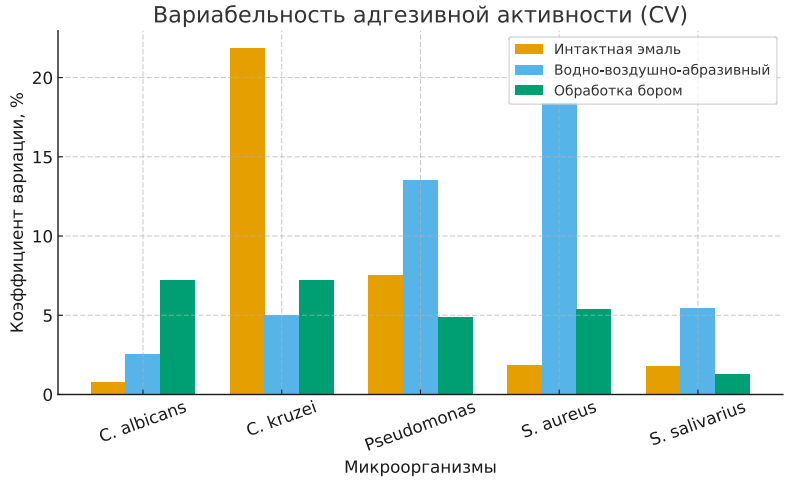



Рисунок 14 – Коэффициент вариации (CV) адгезивной активности микроорганизмов при различных способах препарирования эмали.

Анализ данных показал, что интактная эмаль обладает минимальной вариабельностью (CV от 0,7 до 7,5%), что свидетельствует о её высокой структурной однородности и предсказуемой адгезивной активности микроорганизмов.

После пескоструйной обработки наблюдается наибольшая нестабильность показателей: CV достигает 13–18%, особенно для S. aureus и Pseudomonas aeruginosa. Это означает, что поверхность после водно-воздушно-абразивного воздействия становится более объемной, а реакция микроорганизмов — менее предсказуемой.

При обработке бором значения CV остаются умеренными (1,3–7,2%), что указывает на более стабильную структуру поверхности и воспроизводимое поведение микроорганизмов по сравнению с водно-воздушно-абразивной обработкой.

**Результаты испытаний адгезионной прочности соединения эмали зуба с полевошпатной керамикой при сдвиге и растяжении** продемонстрировали высокий прочностной потенциал адгезивной фиксации в обеих группах исследования на фоне отсутствия статистически значимых различий между методами (p = 0,60; различия недостоверны). Средняя прочность при сдвиге составила 10,5±3,1 МПа для группы с воздушно-абразивной подготовкой и 9,9±1,7 МПа для группы с обработкой бором. Прочность при отрыве также была сопоставима: 3,5±1,2 МПа (водно-воздушно-абразивный метод) и 3,2±1,7 МПа (стандартный метод) без достоверных статистических различий (Рисунок 15).

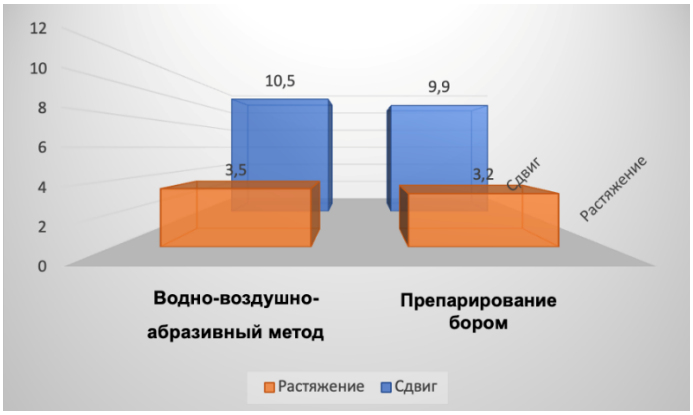



Рисунок 15 – Диаграммы результатов испытания адгезионной прочности методами сдвига и растяжения.

Прочность адгезионного соединения “винир–эмаль” сохраняется на одном уровне при строгом соблюдении протокола травления и фиксации. Снижение прочности в первой группе на 5–10% статистического подтверждения не получило, доказывая гипотезу – водно-воздушно-абразивная подготовка не уступает стандартной по прочностным характеристикам. Тип разрушения соединения во всех образцах носил когезионный характер по границе эмаль/цемент (без отрыва фрагментов эмали), что свидетельствует о качестве проведенного протокола подготовки поверхности.

**Разработанный способ установки керамических виниров и цифровой контроль качества.** На основании результатов экспериментальных исследований разработан авторский способ установки керамических виниров, направленный на максимальное сохранение структуры эмали и обеспечение надежной адгезивной фиксации. Способ включает обязательную изоляцию рабочего поля с применением системы коффердам, проведение водно-воздушно-абразивной обработки эмали порошком оксида алюминия ($Al_2O_3$, размер частиц 27 мкм) в течение 15–20 секунд при давлении 0,3 МПа на расстоянии

2–10 мм от поверхности зуба под углом 45°, последующее травление эмали 37% ортофосфорной кислотой (15–30 секунд), а также подготовку внутренней поверхности винира травлением 9,5% плавиковой кислотой в течение 60 секунд (Рисунок 16).

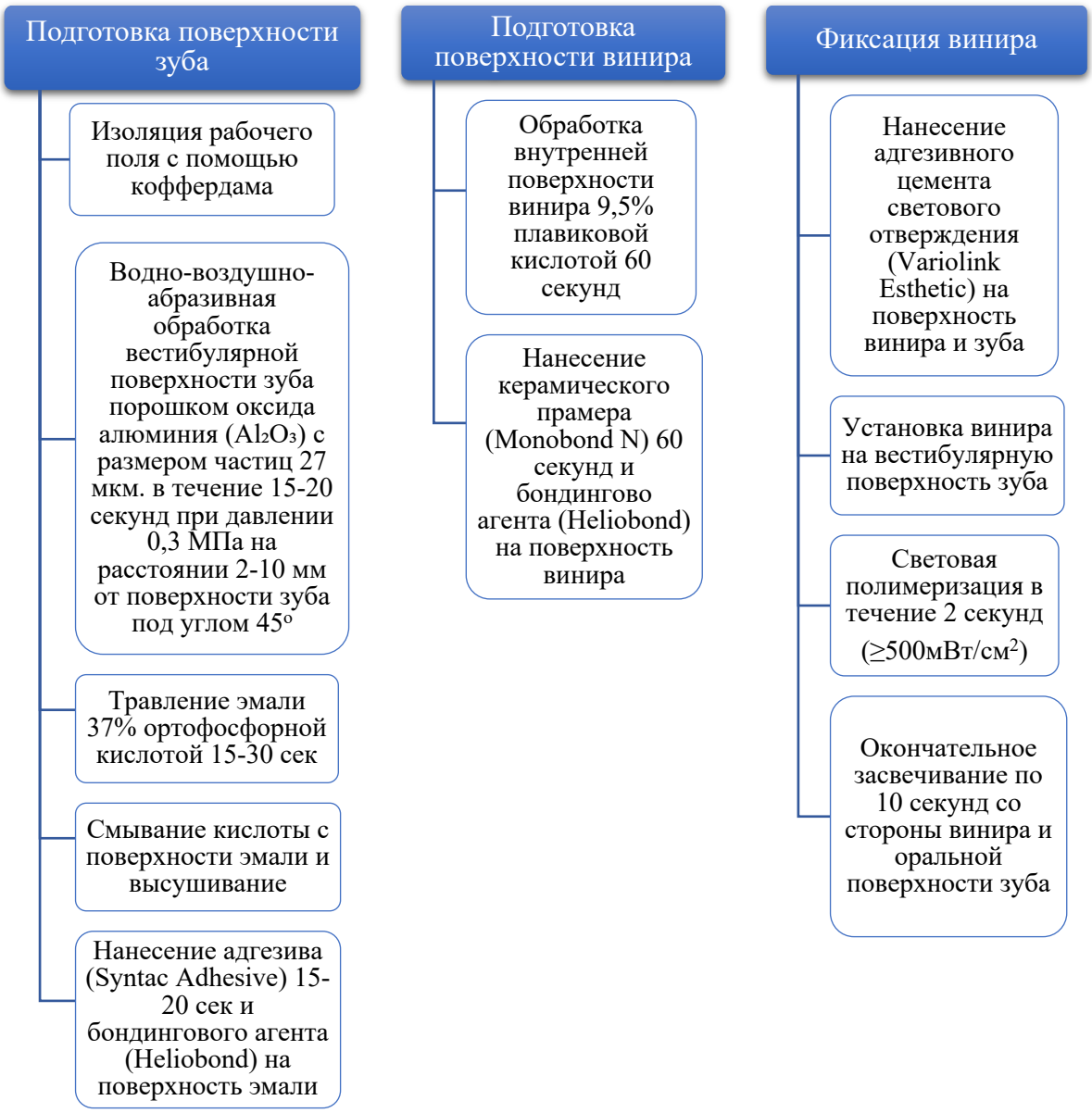



Рисунок 16 - Этапы установки керамических виниров

В протокол фиксации включено применение адгезивной системы (Syntac Primer, Syntac Adhesive) и силанизирующего агента (Monobond Plus), а также использование светоотверждаемого фиксирующего композита (Variolink Esthetic LC). Световое отверждение выполняется полимеризационной лампой с мощностью светового потока не менее 500 мВт/см². Принципиальным результатом реализации способа является формирование многослойной адгезионной структуры на границе «керамика – цемент», характеризующейся однородностью и достаточной прочностью. Способ защищен патентом РФ № 2725274 от 30.06.2020.

Для повышения воспроизводимости и прослеживаемости лечения разработан цифровой сертификат подлинности ортопедических конструкций зубов, основанный на технологиях распределенного реестра (блокчейн). Сертификат включает цифровые 3D-модели (STL-сканы до и после лечения), сведения об использованных

стоматологических материалах и специалистах, а также регламент гигиенического контроля за винирами. Реализация цифрового сертификата позволяет верифицировать исходные данные реставрации и снижает риск осложнений, связанных с нарушением технологического алгоритма. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023614253.

**Усовершенствованный алгоритм ортопедического лечения дефектов эмали малоинвазивными керамическими конструкциями.**

Предлагаемый нами алгоритм ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями объединяет фундаментальные знания, результаты экспериментальных исследований, инновационные цифровые технологии, клинический опыт, и включает в себя как клинический, так и лабораторный этапы (Рисунок 17).

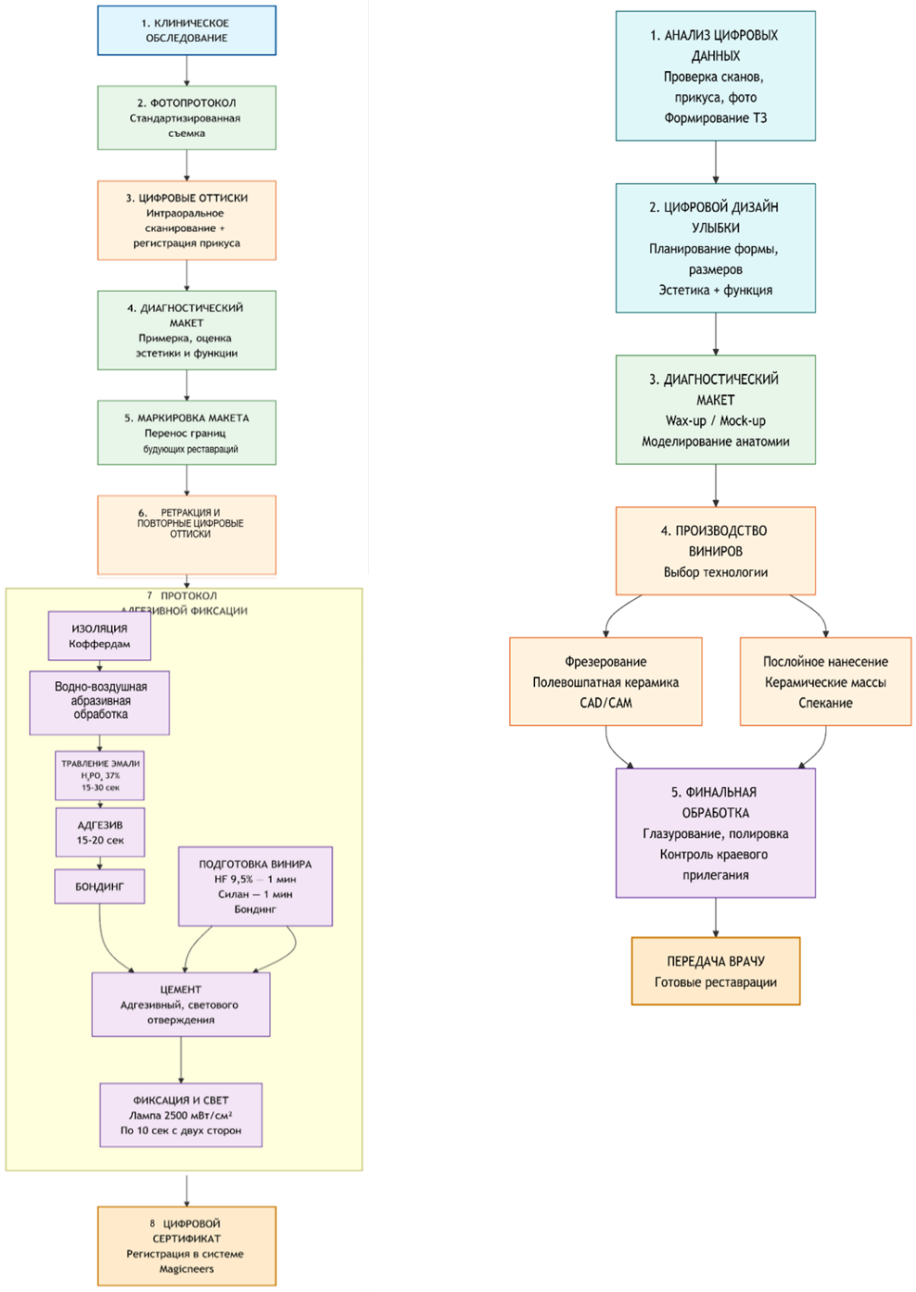



Рисунок 17 – Этапы ортопедического лечения (клинический и лабораторный)

Усовершенствование алгоритма ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями основано на экспериментальном обосновании выбора оптимального вида препарирования эмали (водно-воздушно-абразивный метод), использовании цифрового планирования дизайна улыбки, оптимизации способа фиксации виниров из полевошпатной керамики с высокими эстетическими свойствами (патент РФ № 2725274) с привлечением искусственного интеллекта на этапах лечения и создании цифрового сертификата подлинности ортопедических конструкций (свидетельство РФ № 2023614253), обеспечивая сохранность эмали, прочность адгезионного соединения «эмаль-винир», надежность и долговечность керамических конструкций (Рисунок 18).



Рисунок 18 – Пример клинического результата лечения: до и после протезирования керамическими винирами.

В рамках разработки клинического этапа предложена усовершенствованная конструкция стоматологического ретрактора, обеспечивающая мягкое разведение губ и щек и снижение давления на уздечки. Использование ретрактора повышает комфорт пациента и увеличивает продолжительность вмешательства, что улучшает качество выполнения ключевых цифровых и клинических процедур (фотопротокол, сканирование, препарирование и фиксация виниров) (патент на полезную модель РФ № 206627).

**Результаты клинического исследования (in vivo).** Клинический этап исследования включал ортопедическое лечение 50 пациентов (20–40 лет) с эстетическими дефектами эмали, обусловленными в том числе флюорозом, гипоплазией, сколами и наличием диастем. Виниры изготавливались из лейцита-усиленной полевошпатной керамики Creation CC. Пациенты были распределены на две группы: в 1-й группе применяли стандартное препарирование алмазными борами, во 2-й группе подготовка эмали выполнялась водно-воздушно-абразивным способом с последующей адгезивной фиксацией по разработанному протоколу.

Качество виниров оценивали по критериям FDI, включающим краевое прилегание, окрашивание границы, вторичный кариес и чувствительность к холодному. Сравнительный анализ показал, что во 2-й группе динамика клинических показателей была более благоприятной: отмечено меньшее число случаев нарушения краевого прилегания и окрашивания границы, а вторичный кариес в области виниров на сроке наблюдения 12 месяцев не выявлялся (Таблица 5).

Таблица 5 – Оценка клинических критериев в группах исследования в динамике - 7 дней, 6 и 12 месяцев после окончания лечения

| Критерий | Осмотр | 7 дней | | | 6 месяцев | | | 12 месяцев | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Краевое прилегание** | | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| | Группа 1 | 25 | 0 | 0 | 23 | 1 | 1 | 22 | 2 | 1 |
| | Группа 2 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 24 | 1 | 0 |
| **Окрашивание границы** | | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| | Группа 1 | 25 | 0 | 0 | 23 | 2 | 0 | 21 | 2 | 2 |
| | Группа 2 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 |
| **Вторичный кариес** | | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| | Группа 1 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 23 | 1 | 1 |
| | Группа 2 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 |
| **Чувствительность к холодному** | | | | | | | | | | |
| | Группа 1 | 0 | | | 3 | | | 3 | | |
| | Группа 2 | 0 | | | 1 | | | 1 | | |

Полученные результаты подтверждают клиническую эффективность предложенного способа установки виниров и усовершенствованного алгоритма лечения, обеспечивающих надежность керамических конструкций и долгосрочный эстетический результат (Таблица 6).

Таблица 6 – Эффективность ортопедического лечения дефектов твердых тканей зубов (в процентах)

| Критерий | Осмотр | 7 дней | 6 месяцев | 12 месяцев |
|---|---|---|---|---|
| **Краевое прилегание** | | | | |
| | Группа 1 | 100% | 92% | 88% |
| | Группа 2 | 100% | 100% | 96% |
| **Окрашивание границы** | | | | |
| | Группа 1 | 100% | 92% | 84% |
| | Группа 2 | 100% | 100% | 100% |
| **Вторичный кариес** | | | | |
| | Группа 1 | 100% | 100% | 92% |
| | Группа 2 | 100% | 100% | 100% |
| **Чувствительность к холодному** | | | | |
| | Группа 1 | 100% | 88% | 92% |
| | Группа 2 | 100% | 96% | 96% |

## ВЫВОДЫ

1. Препарирование эмали приводит к нарушению ее структурной организации, трансформации количественного и качественного макро- и микроэлементного состава, степень выраженности которых зависит от способа воздействия на нее и объема удаленных тканей. Изменения эмали при водно-воздушно-абразивной обработке минимальны, не имеют статистически значимых различий с интактной эмалью, что позволяет ее рекомендовать как метод выбора среди малоинвазивных техник препарирования под керамические виниры.

2. Умеренное увеличение шероховатости эмали в 1,5 раза (Ra 4,59±0,69 мкм) по сравнению с интактной эмалью (Ra 2.44±0,37) при водно-воздушно-абразивном способе ее обработки является оптимальным для микроретенции виниров. При этом, адгезивная активность микробиома возрастает при увеличении шероховатости эмали, а микроорганизмы демонстрируют индивидуальные профили на топографические изменения ее поверхности.

3. Результаты испытаний на сдвиг и растяжение показали высокий прочностной потенциал адгезивной фиксации в обеих группах исследования на фоне разрушения соединения по когезионному типу и отсутствия статистически значимых различий между методами препарирования эмали (p=0,60; различия недостоверны).

4. Разработанный способ установки виниров (патент РФ № 2725274) и цифровой сертификат их подлинности (свидетельство РФ № 2023614253), основанные на использовании фундаментальных знаний и инновационных подходов, позволяют достичь предсказуемого эстетического результата, обеспечивая его воспроизводимость, сохранность и защищенность цифровых файлов, снижая риск осложнений, связанных с нарушением технологического алгоритма.

5. Усовершенствованный алгоритм ортопедического лечения эстетических дефектов эмали малоинвазивными керамическими конструкциями с ее водно-воздушно-абразивной подготовкой согласно системе оценки качества обеспечивает стабильность керамических виниров спустя 6 и 12 месяцев после лечения, снижая частоту окрашивания границы и признаков нарушения краевого прилегания, а также исключая случаи вторичного кариеса в пределах наблюдения.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1) Водно-воздушно-абразивный способ препарирования может применяться в алгоритме ортопедического лечения малоинвазивными керамическими конструкциями дисколоритов, сколов эмали травматического происхождения, аномалий формы и размеров зубов при наличии показаний к их использованию.

2) Для реализации данного способа используется наконечник RONDOflex plus 360 (KaVo) и порошок оксида алюминия ($Al_2O_3$) с размером частиц 27 микрон в течение 15-20 секунд (до создания равномерно шероховатой поверхности) при давлении 0,3 МПа на расстоянии 2-10 мм от поверхности зуба под углом $45^O$.

3) В рамках разработанного способа адгезивной фиксации виниров для создания прочного адгезионного соединения необходимо проводить подготовку как внутренней поверхности винира, так и рельефа поверхности эмали согласно предложенному алгоритму (патент РФ № 2725274).

4) С целью снижения риска возникновения осложнений, связанных с образованием биопленки, контроль уровня гигиены полости рта пациентов осуществлять с привлечением искусственного интеллекта на базе платформы «DIANA».

5) Лечение пациентов с эстетическими дефектами эмали проводить согласно усовершенствованному алгоритму с оформлением цифрового сертификата подлинности малоинвазивных керамических конструкций (свидетельство РФ № 2023614253 от 27.02.2023).

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Поскольку изучаемая нами проблема находится на стыке эстетической стоматологии, адгезивных технологий и минимально-инвазивного препарирования, развитие каждого из направлений имеет научную перспективу для дальнейших исследований в данном направлении.

Полученные результаты могут быть направлены на разработку новых отечественных методик, защищенных технологическим суверенитетом.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

**1. Манукян А.Г. Влияние различных способов одонтопрепарирования на структуру и микроэлементный состав эмали / С. И. Гажва, А. Г. Манукян [и др.] // Клиническая стоматология. – 2023. – Т. 26, № 1. – С. 24-31.**

2. Манукян А.Г. Нарушения микроэлементной стабильности и снижение функциональной устойчивости эмали под воздействием одонтопрепарирования / С. И. Гажва, Ю. В. Гажва, А. Г. Манукян [и др.] // Стоматолог. Минск. – 2023. – № 3(50). – С. 34-39.

3. Манукян А.Г. Оценка прочности адгезивной фиксации керамических реставраций в зависимости от одонтопрепарирования в условиях эксперимента / С. И. Гажва, С. П. Рубникович, А. Г. Манукян [и др.] // Стоматолог. Минск. – 2023. – № 4(51). – С. 52-58.

4. Манукян А.Г. Структуральные и микроэлементные изменения эмали под воздействием различных способов препарирования / Е. Ю. Якубова, К. А. Янышева, А. Г. Манукян, С. И. Гажва // ВолгаМед : сборник тезисов IX Всероссийской научно-практической конф. – Н. Новгород: ПИМУ, 2023. – С. 504-505.

**5. Манукян А.Г. Динамика распространенности зубочелюстных аномалий у детей и взрослых, особенности диагностики и лечения / С. И. Гажва, А. А. Филимонов, А. Г. Манукян [и др.] // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2025. – Т. 28, № 4. – С. 28-32.**

**6. Манукян А.Г. Комплексный подход к диагностике вертикальных трещин корня зуба: планирование лечения и оценка эффективности результата / С. И. Гажва, В. А. Кучер, А. Г. Манукян [и др.] // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2025. – Т. 28, № 4. – С. 4-12.**

**7. Манукян А.Г. Адгезия микробиоты полости рта к конструкционным материалам для производства элайнеров / С. И. Гажва, А. Г. Манукян [и др.] // Клиническая стоматология. — 2026. — Т. 29, № 1.**

## СПИСОК ИЗОБРЕТЕНИЙ

1. Патент на полезную модель № 206627 РФ. Ретрактор стоматологический / Манукян А.Г., Дейнеховский Е.Ю. – Опубл. 17.09.2021.
2. Патент № 2725274 РФ. Способ установки керамических виниров без обточки зубов / Манукян А.Г. – Опубл. 30.06.2020.
3. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023614253. Цифровой сертификат подлинности ортопедических конструкций зубов... / Манукян А.Г. – Зарегистрировано 27.02.2023.
4. Magicneers: товарный знак № 795995 Рос. Федерация / правообладатель ООО «АРТО»; заявл. 31.08.2020; опубл. 05.02.2021, Бюл. № 3. – 1 с.
5. Патент на изобретение № 2828863 РФ. Продукт для восстановления минерального состава твердых тканей зубов после одонтопрепарирования на этапах ортопедического лечения и способ его применения / Гажва С.И., Рахманов Р.С., Янышева К.А., Манукян А.Г., Абдуллаев Н.А. - Опубл. 31.05.2024.

### Список сокращений

ИИГЗ - индекс интенсивности гиперестезии зубов

Шкала TF – индекс гипоплазии эмали (Tjernberg/Fejerskov)

$Al_2O_3$ – оксид алюминия

API Lange - упрощенный индекс зубного налета на апроксимальных поверхностях

CAD/CAM – компьютерное проектирование и компьютерное изготовление

DI – индекс флюороза (Dean Index)

FDI – Международная федерация стоматологов

HF – плавиковая кислота

OHI-S -упрощенный индекс гигиены Грина-Вермиллиона

PHP - индекс эффективности гигиены полости рта

PMA - индекс состояния тканей пародонта

Ra – параметр шероховатости

STL – формат 3D-моделей (Stereolithography)