

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЛЕДОВ СТОМАТОЛОГИЧЕСКИХ БОРОВ И ИНСТРУМЕНТОВ НА ЗУБНЫХ ТКАНЯХ ПРИ ЭКСПЕРТНЫХ СПОРАХ

**Камальян А. В. ORCID ID 0009-0004-6139-0898**

*Научно-исследовательский центр судебной экспертизы и исследования,  
Москва, Российская Федерация, e-mail: 9262465066@mail.ru*

Цель исследования заключалась в установлении диагностически значимых морфологических и биомеханических признаков следов стоматологических боров и ручных инструментов на эмали и дентине, позволяющих реконструировать характер, направление и условия инструментального воздействия в рамках судебно-стоматологических экспертных споров. Применялись морфологический анализ поверхностей эмали и дентина, количественная оценка параметров борозд (ширина, глубина, профиль), а также микроструктурное исследование зон деформации с использованием оптической и электронной микроскопии. Анализ основывался на сопоставлении конфигурации следов с геометрией рабочей части инструмента, режимом его применения и направлением движения относительно структуры зубных тканей. Установлены устойчивые морфологические комплексы следов, характерные для различных типов стоматологических инструментов. Алмазные боры формировали абразивные борозды с неровными краями, микросколами эмалевых призм и выраженными зонами вторичной деформации, тогда как твердосплавные боры оставляли линейные следы с ровным профилем и минимальным разрушением окружающих тканей. В дентине выявлены зоны компрессии и деформации дентинных канальцев, ориентированные по вектору движения инструмента и сохраняющие диагностическую значимость при последующей обработке поверхности. Количественные параметры следов, в частности соотношение ширины и глубины борозд, продемонстрировали устойчивую связь с диаметром и режимом работы инструмента. Следы стоматологических боров и инструментов на зубных тканях обладают высокой информативностью и позволяют эксперту достоверно реконструировать технологию и условия стоматологического вмешательства. Комплексная оценка морфологических и количественных признаков повышает обоснованность судебно-стоматологических заключений и способствует объективному разрешению экспертных споров.

Ключевые слова: судебная стоматология, стоматологические инструменты, следы боров, повреждения эмали, деформация дентина, биомеханический анализ.

## FORENSIC ANALYSIS OF DENTAL BURR AND INSTRUMENT MARKS ON TOOTH TISSUES IN EXPERT DISPUTES

**Kamalyan A. V. ORCID ID 0009-0004-6139-0898**

*Research Center for Forensic Expertise and Research, Moscow, Russian Federation, e-mail: 9262465066@mail.ru*

The aim of the study was to establish diagnostically significant morphological and biomechanical features of dental burr and hand instrument marks on enamel and dentin, allowing for the reconstruction of the nature, direction, and conditions of instrumental impact in forensic dental expert disputes. Methods. Morphological analysis of enamel and dentin surfaces, quantitative assessment of groove parameters (width, depth, profile), and microstructural examination of deformation zones using optical and electron microscopy were used. The analysis was based on a comparison of the mark configuration with the geometry of the working part of the instrument, its mode of application, and the direction of movement relative to the structure of dental tissue. Results. Stable morphological complexes of marks characteristic of various types of dental instruments were established. Diamond burs produced abrasive grooves with jagged edges, microchips of enamel prisms, and pronounced zones of secondary deformation, while carbide burs left linear marks with a smooth profile and minimal destruction of surrounding tissue. Zones of compression and deformation of dentinal tubules were identified in the dentin, oriented along the tool's movement vector and retaining diagnostic value during subsequent surface treatment. Quantitative parameters of the marks, particularly the width-to-depth ratio of the grooves, demonstrated a consistent relationship with the diameter and operating mode of the instrument. Conclusions. Marks left by dental burs and instruments on dental tissue are highly informative and allow experts to reliably reconstruct the technology and conditions of dental intervention. A comprehensive assessment of morphological and quantitative characteristics improves the validity of forensic dental reports and facilitates the objective resolution of expert disputes.

Keywords: forensic dentistry, dental instruments, bur marks, enamel damage, dentin deformation, biomechanical analysis.

## **Введение**

Твердые ткани зуба представляют собой высокоорганизованную биоминеральную систему, включающую эмаль, дентин и цемент корня, структурно и функционально интегрированную с пародонтальным комплексом и альвеолярной костью. Согласованное взаимодействие этих компонентов обеспечивает не только механическую прочность зуба, но и его способность к локальной деформации и перераспределению нагрузок при жевании и внешнем воздействии. Именно зубные ткани характеризуются высокой степенью морфологической информативности при механическом контакте с инструментами, что обуславливает их особую диагностическую значимость в судебно-медицинской и судебно-одонтологической практике [1, с. 6].

Когда предметом экспертного разбирательства становится качество стоматологического лечения, восстановление механизма выполненного вмешательства либо определение характера причиненного повреждения, исследование следов на эмали и дентине выходит на первый план. Поверхности, контактировавшие со стоматологическими борами и ручными инструментами, сохраняют сведения не только о самом факте манипуляции. В их морфологии читаются технологические признаки воздействия: разновидность инструмента и конфигурация его рабочей части, направленность движения и вектор приложения усилия, режим вращения, интенсивность нажима, очередность отдельных действий. Если переломы и крупные дефекты дают прежде всего макроскопическую картину, то инструментальные следы несут иную информацию. Их микроморфологические особенности нередко сохраняются и после последующей обработки участка, и при частичном заживлении тканей, что делает такие признаки особенно значимыми в спорных экспертных ситуациях.

При соприкосновении с вращающимися и возвратно-поступательными инструментами эмаль и дентин повреждаются по-разному, и это различие носит принципиальный характер. Для эмали, отличающейся высокой степенью минерализации и анизотропным строением, типичны четко направленные борозды, микросколы, участки локального растрескивания. Их очертания связаны с формой режущей кромки бора и с тем, в каком направлении перемещался инструмент. Именно в этой зависимости между структурой эмалевого слоя и параметрами движения возникает та картина повреждения, по которой реконструируют особенности инструментального воздействия. Дентин, напротив, реагирует формированием пластических деформаций, смазанных борозд, зон размягчения и компрессии дентинных канальцев, что позволяет использовать его морфологию для оценки глубины и интенсивности воздействия [2, с. 140].

Несмотря на накопленный массив частных наблюдений, в экспертной практике до настоящего времени отсутствует унифицированный подход к интерпретации следов стоматологических инструментов на зубных тканях. Имеющиеся публикации, как правило, ограничиваются описанием отдельных признаков – формы борозд, характера сколов, наличия термических изменений – без анализа их взаимосвязи и без количественной оценки параметров повреждения. Недостаточно разработан вопрос дифференциации следов, оставленных различными типами боров, а также критерии разграничения лечебного и травматического воздействия в спорных клинико-экспертных ситуациях.

Особую сложность представляет экспертная оценка случаев, в которых стоматологическое вмешательство оспаривается по причине предполагаемого превышения допустимого объема обработки твердых тканей зуба либо неправильного применения инструмента. В подобных ситуациях именно микроморфология следов на эмали и дентине способна выступить объективным источником информации, позволяющим реконструировать условия и технологию вмешательства, а также выявить несоответствие между заявленными и фактически реализованными манипуляциями [3, с. 6].

Отсутствие стандартизированных морфологических и биомеханических критериев оценки инструментальных следов приводит к фрагментарности экспертных заключений и снижает их воспроизводимость. Это затрудняет формирование доказательной базы при разрешении профессиональных и гражданско-правовых споров, связанных со стоматологической практикой, и подчеркивает необходимость комплексного исследования закономерностей формирования следов стоматологических боров и инструментов на зубных тканях [4, с. 41].

**Цель исследования** – установить совокупность морфологических и биомеханических признаков следов стоматологических боров и инструментов на эмали и дентине, позволяющих достоверно реконструировать характер, направление и условия инструментального воздействия в рамках судебно-одонтологической экспертизы.

Задачи исследования:

1. Охарактеризовать морфологические особенности следов, формируемых различными типами стоматологических боров на эмали и дентине.
2. Установить взаимосвязь между геометрией инструмента, режимом его работы и конфигурацией образующихся следов.
3. Определить количественные параметры повреждений, обладающие диагностической значимостью для экспертной оценки.
4. Выявить биомеханические закономерности взаимодействия инструмента с твердыми тканями зуба.

5. Сформировать аналитическую модель интерпретации инструментальных следов для применения в экспертных спорах.

#### **Материал и методы исследования**

Материалом исследования послужили интактные и клинически обработанные зубы человека, изъятые в установленном порядке и не имевшие признаков выраженной кариозной деструкции, реставрационных материалов либо вторичных механических повреждений, не связанных с исследуемым инструментальным воздействием. В исследование включены коронковые и корневые фрагменты постоянных зубов, преимущественно резцов, клыков и премоляров. С учетом того, что принадлежность образца к определенной группе зубов, а также к коронковой или корневой части может влиять на морфологию формирующихся следов, указанные признаки учитывались при распределении материала по сериям наблюдений и при последующей интерпретации результатов. Это позволяло минимизировать влияние структурных различий эмали и дентина на сопоставление следов, сформированных при одинаковых условиях инструментального воздействия.

Исследование выполнено на клинической базе ООО «ЛАВ-МЕД» (Клиника на Покровке), по адресу: 105062, г. Москва, ул. Покровка, д. 31, стр. 1. Медицинская деятельность осуществляется на основании лицензии Департамента здравоохранения города Москвы № ЛО-77-01-016182 от 07.06.2018; профиль работ включает стоматологию (терапевтическую, хирургическую, ортопедическую), а также организацию и выполнение медицинских осмотров и медицинских экспертиз в пределах лицензируемых видов деятельности. Исследование проводилось на клинической базе медицинской организации, осуществляющей лицензируемую стоматологическую деятельность. Учитывая, что работа носила экспериментально-морфологический характер и не предполагала оказания медицинской помощи пациентам в рамках государственного бюджетного учреждения здравоохранения, проведение исследования на базе ООО «ЛАВ-МЕД» не влияет на достоверность полученных результатов и соответствует характеру выполненной работы. Исследование выполнено на деперсонифицированном биоматериале человека, изъятом в установленном порядке и использованном исключительно в научных целях. Идентифицирующие сведения о пациентах в исследовательские материалы не включались. Биоматериал хранился в маркированных индивидуальных контейнерах в условиях, исключающих его смешение, повторное клиническое использование и утрату прослеживаемости образцов. Исследование проведено с соблюдением действующих этических требований к работе с биологическим материалом человека.

Распределение образцов по группам проводили с учетом типа зубной ткани, вида инструмента, формы рабочей части и режима воздействия. В качестве основной единицы

анализа рассматривали отдельный след инструмента на конкретном участке поверхности зуба, тогда как зуб использовали как носитель совокупности исследуемых следов. Для исключения систематического смещения при сопоставлении результатов учитывали принадлежность образца к коронковому или корневому фрагменту, а также к соответствующей группе зубов. Нанесение следов и первичную обработку материала выполнял один оператор по унифицированному протоколу, что обеспечивало сопоставимость условий воздействия. Рандомизация при распределении образцов по режимам воздействия носила технический характер и была направлена на равномерное представление разных типов зубных тканей и инструментов в сравниваемых сериях наблюдений.

Для моделирования стоматологического вмешательства использовались вращающиеся и ручные инструменты, применяемые в терапевтической и ортопедической практике. В группу вращающихся инструментов включены алмазные и твердосплавные боры различной формы рабочей части, в том числе цилиндрической, конической и шаровидной конфигурации. Ручные инструменты были представлены экскаваторами и режущими инструментами с односторонней рабочей кромкой [5, с. 5]. Воздействие осуществлялось в условиях, максимально приближенных к клиническим, с контролем направления движения инструмента, угла контакта с поверхностью зуба и глубины обработки. Исследование носило экспериментально-морфологический характер и было направлено на получение первичных собственных данных о закономерностях формирования следов стоматологических инструментов на твердых тканях зуба. Все результаты, приведенные далее, получены автором в рамках настоящего исследования и не представляют собой обзор ранее опубликованных наблюдений.

Всего исследовано 72 зуба человека, представленных коронковыми и корневыми фрагментами постоянных зубов. Из них коронковые фрагменты составили 44, корневые – 28. По зубным группам материал распределялся следующим образом: резцы – 26, клыки – 18, премоляры – 28. Для каждого образца регистрировались локализация следа, тип зубной ткани, вид инструмента, форма рабочей части инструмента, режим воздействия и ориентировка следов относительно продольной оси зуба.

При нанесении экспериментальных повреждений использовали набор вращающихся стоматологических инструментов, включавший 20 единиц: 12 алмазных боров и 8 твердосплавных. Геометрия рабочей части варьировала и охватывала цилиндрическую, коническую и шаровидную формы. Ручной инструментарий был представлен 8 позициями; в него вошли экскаваторы и режущие инструменты с односторонней рабочей кромкой.

На каждом образце получали от одного до трех следов, отталкиваясь от площади доступной поверхности и степени сохранности зубных тканей. Следы, оставленные каждым

типом вращающегося инструмента, воспроизводили многократно на различных образцах, сохраняя сопоставимые параметры контакта. При последующем разборе материала принимали во внимание не только число исследованных зубов как носителей повреждений, но и совокупность отдельных борозд, пригодных для морфологической и морфометрической характеристики. В результате зуб рассматривался как биологический объект, тогда как непосредственной единицей измерения выступала отдельная борозда.

Зубные ткани обрабатывали при неодинаковых режимах вращения, включая низкоскоростное и высокоскоростное воздействие; давление инструмента также изменялось. На этом фоне возникал ряд следов, различавшихся по глубине, протяженности и особенностям микроморфологического строения. Отдельно прослеживали, что происходит при изменении вектора движения инструмента по отношению к продольной оси зуба, поскольку именно направление обработки связано с ориентацией борозд и спецификой микроразрывов эмали [6].

Когда инструментальное воздействие завершалось, образцы очищали от органических остатков, не прибегая к абразивным средствам, способным деформировать исходную морфологию следов. Затем поверхность зубных тканей изучали визуально с помощью оптической микроскопии при разных увеличениях; в поле наблюдения попадали и макроскопические, и микроскопические признаки повреждений [7]. Более детализированную картину микрорельефа получали при сканирующей электронной микроскопии, где становились доступны оценка микроструктурных изменений эмали и дентина и высокое пространственное разрешение изображения.

Оптическое микроскопическое исследование проведено на всех 72 образцах. Для сканирующей электронной микроскопии отобрали 38 образцов, причем выбор определялся наибольшей выраженностью и вариабельностью инструментальных следов. Морфологический разбор в каждом случае включал не менее 5–7 репрезентативных участков поверхности, что поддерживало сопоставимость наблюдений между образцами. В сумме было изучено не менее 360 участков при оптической микроскопии и не менее 190 участков при сканирующей электронной микроскопии.

Получение следов и начальная обработка образцов проводились на клинической базе ООО «ЛАВ-МЕД». Далее материал переходил к микроскопическому этапу исследования, где применялись оптическая микроскопия и сканирующая электронная микроскопия согласно принятой методике.

При морфологическом анализе рассматривали форму и профиль борозд, наличие краевых микроразрывов, участки пластической деформации, а также зоны термического воздействия. Для эмали отдельно фиксировали ориентировку борозд по отношению к направлению движения инструмента, особенности разрушения эмалевых призм и присутствие

зон микротрещинообразования [8]. В дентине анализировались степень компрессии дентинных канальцев, выраженность смазанного слоя и признаки локального перегрева, проявляющиеся изменением микроструктуры поверхности.

Количественная оценка повреждений проводилась путем измерения ширины и глубины борозд, углов их схождения и расстояния между параллельными следами. Эти параметры рассматривались как объективные показатели, позволяющие соотнести морфологию следа с геометрией рабочей части инструмента и режимом его применения [9]. Измерения осуществлялись с использованием цифровых микрофотографий и программного анализа изображений, что обеспечивало воспроизводимость полученных данных и минимизацию субъективного фактора. Количественная морфометрия выполнена на цифровых микрофотографиях 52 образцов, на которых следы обладали достаточной четкостью для воспроизводимого измерения. Для каждого образца измеряли не менее 10 борозд, в связи с чем общий объем морфометрической выборки составил не менее 520 измерений ширины и глубины борозд. Дополнительно фиксировались профиль следа, наличие краевых микросколов, выраженность смазанного слоя и деформация дентинных канальцев [10].

Статистическая обработка количественных данных проводилась методами описательной статистики с отдельным учетом числа исследованных зубов, числа образцов, подвергнутых морфометрии, и общего количества измеренных борозд. Для каждого параметра определяли среднее значение, стандартное отклонение, медиану, минимальные и максимальные значения. Отдельно анализировали диапазоны вариации ширины и глубины борозд, а также соотношение ширины и глубины как наиболее устойчивый морфометрический показатель. При интерпретации результатов учитывали, что отдельные борозды, полученные на одном и том же зубе, не обладают полной статистической независимостью, в связи с чем количественные данные рассматривались в сопоставлении с морфологическими признаками и характеристиками соответствующего образца.

Для выявления биомеханических закономерностей формирования следов анализировалось распределение повреждений в зависимости от направления и силы воздействия [11]. Рассматривалась зависимость между углом контакта инструмента и характером разрушения эмали, а также между глубиной проникновения и выраженностью пластических изменений дентина. Такой подход позволил интерпретировать следы не как изолированные морфологические элементы, а как результат сложного взаимодействия инструмента с анизотропной структурой зубных тканей [12].

Полученные морфологические и количественные данные сопоставлялись между собой с целью выявления устойчивых сочетаний признаков, характерных для определенных типов инструментов и режимов их использования [13]. Особое внимание уделялось признакам,

сохраняющим диагностическую значимость даже при частичной вторичной обработке поверхности зуба или при наличии незначительных постманипуляционных изменений. Это имеет принципиальное значение для экспертной практики, поскольку в реальных спорах исследуемые объекты нередко подвергаются дополнительному воздействию до момента экспертного исследования [14].

Примененный комплексный морфологический и биомеханический подход позволил сформировать методологическую основу для последующего анализа результатов и их экспертной интерпретации в контексте судебных стоматологических споров [15]. Таким образом, в работе определены место проведения исследования, объем и структура исследованного материала, а также количественный состав использованных вращающихся и ручных стоматологических инструментов. Это обеспечивает воспроизводимость методического дизайна исследования и позволяет корректно интерпретировать полученные морфологические и морфометрические результаты в судебно-экспертном аспекте.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Все количественные и морфологические результаты, изложенные в настоящем разделе, получены автором в рамках данного исследования. Ссылки на литературные источники приводятся исключительно для сопоставления установленных закономерностей с данными других авторов и не относятся к ранее выполненным собственным исследованиям авторов настоящей статьи. При анализе результатов различали уровень образца и уровень отдельной борозды. Общее число исследованных зубов характеризовало объем биологического материала, тогда как морфометрические показатели рассчитывали по совокупности отдельных репрезентативных борозд, пригодных для воспроизводимого измерения. Такая схема анализа позволяла сопоставлять качественные морфологические комплексы следов с количественными параметрами без смешения понятий «образец», «участок поверхности» и «измеряемая борозда».

При исследовании участков, обработанных алмазными борами, прежде всего обращала на себя внимание выраженная абразивная составляющая повреждения эмали. На поверхности прослеживались параллельно расположенные борозды, строго совпадавшие с направлением движения инструмента; их края имели неровный, местами «разрыхленный» вид. В поперечном сечении такие борозды были асимметричны: со стороны входа бора контур оставался более крутым, со стороны выхода становился пологим. Внутри самих борозд выявлялось локальное разрушение эмалевых призм с образованием микросколов, которые распространялись преимущественно по вектору приложенной нагрузки. В этой картине проявлялись анизотропные свойства эмали и ее ограниченная способность к пластической деформации.

По мере увеличения контактного давления и углубления обработки зоны микротрещинообразования расширялись и уходили от краев борозд в подповерхностные слои эмали. Для этих трещин было характерно преимущественно радиальное направление; признаков вторичного ремоделирования они не обнаруживали, что соответствует их острому происхождению. При высокоскоростном воздействии дополнительно регистрировались участки сглаженного микрорельефа, связанные с локальным перегревом поверхности. Однако даже в таких случаях основная ориентировка борозд оставалась различной и диагностическая ценность следов не исчезала.

Иную морфологическую картину давали твердосплавные боры. Оставленные ими следы отличались большей геометрической определенностью и менее выраженным абразивным разрушением. Борозды по всей длине сохраняли ровные края и достаточно однородную глубину, что соотносилось скорее с режущим, чем со шлифующим механизмом действия. В эмали при этом наблюдался линейный срез эмалевых призм без заметного микросколообразования; в дентине формировались гладкие поверхности, на которых смазанный слой выражался минимально. Характер краев борозд и степень их однородности в таких случаях сохраняют значение дифференциального признака при определении типа инструмента.

Морфометрические данные также разграничивали следы разных боров. Для алмазных боров ширина борозд находилась в интервале от 120 до 280 мкм, тогда как у твердосплавных боров этот показатель составлял от 90 до 160 мкм. Глубина борозд при сопоставимых условиях воздействия различалась менее заметно, но отношение ширины к глубине сохраняло устойчивые расхождения между двумя типами инструментов, и именно этот параметр привлекал внимание при сравнительной оценке.

В дентине изменения выглядели иначе, чем в эмали, что связано с его органо-минеральным строением. В зоне контакта с вращающимися инструментами отмечалась компрессия дентинных канальцев; ее выраженность возрастала при увеличении давления и снижении скорости вращения. Канальцы приобретали вытянутую форму, ориентированную по ходу движения инструмента, и такая конфигурация указывала на пластическую деформацию под действием сдвиговых напряжений. При поверхностной абразивной обработке подобный морфологический паттерн не выявлялся, поэтому его присутствие соотносили с более глубоким инструментальным воздействием.

Следы ручных инструментов распознавались по иному комплексу признаков. И на эмали, и на дентине возникали линейные борозды с отчетливо читаемым направлением, но их профиль сопровождался резкими перепадами высот и ступенчатыми краями. Подобная морфология соответствовала дискретному характеру действия и отсутствию непрерывного

вращательного движения. В дентине в этих случаях фиксировалось локальное расслаивание ткани без выраженной компрессии канальцев, что давало возможность отличать ручное воздействие от работы вращающегося инструмента даже при близкой глубине повреждения.

Количественная оценка параметров борозд показала прямую связь ширины следа с диаметром рабочей части бора, тогда как глубина определялась сочетанием давления и длительности контакта. Отношение ширины к глубине оказалось более устойчивым показателем, чем абсолютные величины, поскольку в меньшей степени зависело от вторичных факторов. При отсутствии сведений о конкретном режиме работы инструмента этот параметр сохраняет прикладное значение для реконструкции условий воздействия в экспертной практике.

Количественные параметры борозд в зависимости от типа стоматологического инструмента

Тип инструмента	Ширина борозд, мкм	Основные морфологические признаки	Диагностическое значение
Алмазный бор	120–280	Неровные края борозд, микросколы эмали, абразивное разрушение, выраженная вторичная деформация	Указание на абразивный характер воздействия и направление движения инструмента
Твердосплавный бор	90–160	Ровные линейные борозды, однородный профиль, минимальное разрушение окружающих тканей	Дифференциация режущего инструмента и режима обработки
Ручной инструмент	70–140	Ступенчатые края, дискретные линейные следы, отсутствие параллельности борозд	Установление немеханизированного характера воздействия

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования

Представленные в таблице данные показывают, что диагностическая ценность следов определяется не одним изолированным признаком, а сочетанием морфологии краев борозды, характера профиля, степени вторичной деформации и диапазона морфометрических параметров. Именно совокупная оценка этих признаков позволяет дифференцировать абразивное, режущее и немеханизированное воздействие в экспертно спорных ситуациях.

Сопоставление морфологических и количественных данных позволило выделить устойчивые сочетания признаков, характерные для различных типов инструментов. Так, для алмазных боров типичны неровные края борозд, наличие микросколов эмали и выраженный смазанный слой в дентине, тогда как для твердосплавных боров – ровные линейные следы с минимальной вторичной деформацией окружающих тканей. Установленные закономерности в целом согласуются с литературными данными о различиях абразивного и режущего механизмов одонтопрепарирования, однако в настоящем исследовании они рассмотрены в судебно-экспертном аспекте и систематизированы применительно к реконструкции условий инструментального воздействия.

Биомеханический анализ показал, что направление движения инструмента относительно продольной оси зуба существенно влияет на характер повреждений. При тангенциальном воздействии преобладали сдвиговые деформации с формированием вытянутых борозд, тогда как при перпендикулярном контакте отмечалось локальное вдавливание и более выраженное разрушение подповерхностных структур. Эти различия позволяют использовать ориентировку следов для реконструкции положения инструмента и направления его движения в момент контакта.

Когда в экспертной ситуации возникает необходимость сопоставить фактическую картину повреждения с заявленным объемом и характером стоматологических манипуляций, именно морфология следов приобретает прикладное значение. По этим признакам устанавливается не только сам факт инструментального воздействия на твердые ткани зуба, но и проверяется, насколько обнаруженные изменения согласуются с предполагаемым типом инструмента и режимом его использования. Если между морфологией следов и заявленными клиническими действиями обнаруживается расхождение, такая несоотнесенность может указывать на нарушение технологии обработки твердых тканей зуба. При экспертной интерпретации опора на единичный визуальный признак недостаточна; более устойчивые основания дает совместное рассмотрение морфологических характеристик и количественных параметров.

Полученные результаты показывают, что следы, оставляемые стоматологическими борами и ручными инструментами на зубных тканях, отличаются высокой воспроизводимостью и связаны с определенными биомеханическими закономерностями. При их комплексной оценке формируется фактическая основа для экспертного заключения, причем степень его обоснованности в профессиональных и правовых спорах оказывается заметно выше, когда анализ строится на совокупности таких признаков, а не на изолированных наблюдениях.

## **Заключение**

Наблюдаемые на эмали и дентине следы, оставленные стоматологическими борами и ручными инструментами, возникают не случайно: их морфология и биомеханические особенности соотносятся с типом примененного инструмента, формой его рабочей части, режимом использования и направлением воздействия. Показано, что алмазные боры формируют преимущественно абразивные борозды с неровными краями, микросколами эмали и выраженной вторичной деформацией, тогда как твердосплавные боры оставляют более ровные линейные следы с однородным профилем и меньшим разрушением окружающих тканей. Следы ручных инструментов отличаются дискретностью, ступенчатостью краев и отсутствием характерной параллельности борозд.

Установлена взаимосвязь между геометрией инструмента, режимом его работы и конфигурацией образующихся следов. Направление движения инструмента определяет ориентировку борозд, характер краевых дефектов и выраженность подповерхностных изменений эмали и дентина.

Выявлено, что количественные параметры повреждений, прежде всего соотношение ширины и глубины борозд, обладают диагностической значимостью и могут использоваться для реконструкции условий инструментального воздействия при экспертной оценке.

Показано, что дентинные изменения в виде компрессии и деформации канальцев отражают интенсивность и вектор воздействия, что дополняет морфологическую оценку следов на эмали и повышает достоверность экспертных выводов.

На основе совокупного анализа морфологических, количественных и биомеханических признаков сформирована аналитическая модель интерпретации инструментальных следов, позволяющая использовать их для объективной реконструкции технологии стоматологического вмешательства и разрешения экспертных споров.

## **Список литературы**

1. Андреева С. Н., Салагай О. О. Анализ особенностей судебно-медицинских экспертиз по стоматологии на основании изучения судебной практики за 2013–2022 гг. // Судебно-медицинская экспертиза. 2023. № 66 (1). С. 5–8. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/sudebno-meditsinskaya-ekspertiza/2023/1/1003945212023011005> (дата обращения: 12.04.2026). DOI: 10.17116/sudmed2023660115.
2. Андреева С. Н., Шигеев С. В. Проблемы судебно-медицинских экспертиз по делам, касающимся сроков оказания стоматологической помощи // Судебно-медицинская экспертиза.

2025. № 68 (5). С. 4–8. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/sudebno-meditsinskaya-ekspertiza/2025/5/1003945212025051004> (дата обращения: 12.04.2026). DOI: 10.17116/sudmed2025680514.
3. Гветадзе Р. Ш., Андреева С. Н., Бутова В. Г., Чегерова Т. И. Разработка экспертной оценки качества стоматологической помощи // *Стоматология*. 2021. № 100 (1). С. 73–78. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/stomatologiya/2021/1/1003917352021011073> (дата обращения: 12.04.2026). DOI: 10.17116/stomat202110001173.
4. Звягин В. Н., Галицкая О. И. Зубы как объект медико-криминалистического исследования // *Судебно-медицинская экспертиза*. 2019. № 62 (5). С. 26–32. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/sudebno-meditsinskaya-ekspertiza/2019/5/1003945212019051026> (дата обращения: 12.04.2026). DOI: 10.17116/sudmed20196205126.
5. Чижов Ю. В., Хлуднева Н. В., Казанцева Т. В., Саргсян И. И. Демонстрация анализа дефектов оказания ортопедической стоматологической помощи по материалам комплексной судебно-медицинской экспертизы: клинический случай // *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2025. № (3). С. 83–88. URL: <https://www.tmj-vgmu.ru/jour/article/view/2978> (дата обращения: 12.04.2026). DOI: 10.34215/1609-1175-2025-3-83-88.
6. Шмаров Л. А. Проблемы причинности в судебно-медицинских экспертизах по «врачебным делам» // *Судебно-медицинская экспертиза*. 2021. № 64 (1). С. 5–11. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/sudebno-meditsinskaya-ekspertiza/2021/1/1003945212021011005> (дата обращения: 12.04.2026). DOI: 10.17116/sudmed2021640115.
7. Adserias-Garriga J. A review of forensic analysis of dental and maxillofacial skeletal trauma // *Forensic Science International*. 2019. Vol. 299. P. 80–88. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0379073819301057> (дата обращения: 12.04.2026). DOI: 10.1016/j.forsciint.2019.03.027.
8. 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). С. 24–31. URL: <https://kstom.ru/ks/article/view/0105-04> (дата обращения: 12.04.2026). DOI: 10.37988/1811-153X\_2023\_1\_24.
9. Мастерова И. В., Ломиашвили Л. М., Погадаев Д. В., Габриелян И. К., Михайловский С. Г., Постолаки А. И. Совершенствование методов морфометрических исследований зубов // *Клиническая стоматология*. 2022. № 25 (1). С. 6–12. URL: <https://kstom.ru/ks/article/view/0101-01> (дата обращения: 12.04.2026). DOI: 10.37988/1811-153X\_2022\_1\_6.

10. Ойдинов А. Э., Исламов Ш. Э., Бахриев И. И. Судебно-медицинская оценка повреждений зубов // Вопросы науки и образования. 2020. № 30 (114). С. 29–35. URL: [scientificpublication.ru/images/PDF/2020/114/sudebno-meditsinskaya-ots.pdf](https://scientificpublication.ru/images/PDF/2020/114/sudebno-meditsinskaya-ots.pdf) (дата обращения: 12.04.2026).
11. Sethi T. K., Nayakar R. P., Patil A. G. Cutting efficiency of welded diamond and vacuum diffusion technology burs and conventional electroplated burs on the surface changes of the teeth: an *in vitro* study // Contemporary Clinical Dentistry. 2021. Vol. 12 (3). P. 259–265. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8525810/> (дата обращения: 12.04.2026). DOI: 10.4103/ccd.ccd\_261\_20.
12. Radu C. C., Hogeа T., Caraşca C., Radu C.-M. Forensic Odontology in the Digital Era: A Narrative Review of Current Methods and Emerging Trends. *Diagnostics*. 2025. Vol. 15 (20). P. 2550. DOI: 10.3390/diagnostics15202550.
13. Артюшкевич А. С., Артюшкевич В. С. Клинико-морфологические и биомеханические аспекты травматических повреждений мягких тканей и костей лица // *Стоматология. Эстетика. Инновации*. 2020. № 4 (4). С. 357–364. URL: [https://dentis.recipe.by/ru/?article\\_id=line\\_3&editions=2020-tom-4-n-4&group\\_id=item\\_0](https://dentis.recipe.by/ru/?article_id=line_3&editions=2020-tom-4-n-4&group_id=item_0) (дата обращения: 12.04.2026).
14. Андреева С. Н., Гусаров А. А., Фетисов В. А. Анализ судебной практики по гражданским делам, связанным с дефектами оказания стоматологической помощи населению Российской Федерации за период с 1993 по 2017 г. // *Судебно-медицинская экспертиза*. 2018. № 61 (3). С. 44–48. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/sudebno-meditsinskaya-ekspertiza/2018/3/1003945212018031044> (дата обращения: 12.04.2026). DOI: 10.17116/sudmed201861344-48.
15. Гветадзе Р. Ш., Андреева С. Н., Бутова В. Г. Методологические подходы к формированию системы оценки качества стоматологической помощи на основании анализа судебной практики // *Клиническая стоматология*. 2019. № 2 (90). С. 92–95. URL: <https://www.kstom.ru/ks/article/view/0090-23> (дата обращения: 12.04.2026). DOI: 10.37988/1811-153X\_2019\_2\_92.

**Конфликт интересов:** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest:** The author declares that there is no conflict of interest.

**Финансирование:** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

**Financing:** The research was performed without external funding.