

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗРУШЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПЛОМБИРОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ОГНЯ

Камалян А. В. ORCID ID 0009-0004-6139-0898

Автономная некоммерческая организация «Научно-исследовательский центр судебной экспертизы и исследований», Москва, Российская Федерация, e-mail: ashothirurg@mail.ru

Разрушение пломбировочных материалов под воздействием высоких температур представляет собой значимую проблему судебной стоматологии, поскольку особенности состава и структуры реставрационных и эндодонтических материалов обуславливают различный характер их термической деградации и неодинаковую диагностическую ценность при исследовании обгоревших останков. Необходимость сопоставления этих различий определяется задачами реконструкции условий огневого воздействия и идентификации использованных стоматологических материалов. Цель исследования - провести сравнительный анализ разрушения различных типов пломбировочных материалов под воздействием высоких температур и определить значимые в судебно-медицинском отношении признаки их термической деградации. Материалы и методы исследования включали нарративный обзор литературы, посвященной морфологическим, микроструктурным и физико-химическим изменениям композитов, стеклоиономерных цементах, амальгам, металлических ортопедических конструкций и эндодонтических материалов на основе гуттаперчи при нагревании. По данным отдельных публикаций, композитные материалы могут разрушаться преимущественно вследствие термической деструкции полимерной матрицы и последующей утраты связи с наполнителем; стеклоиономерные цементы в ряде наблюдений сохраняют распознаваемые фрагменты структуры даже при выраженной трещиноватости; амальгамы могут демонстрировать изменение поверхности, пористость и признаки утраты ртутной фазы; металлические конструкции требуют отдельной оценки с учетом конкретного сплава; состояние гуттаперчи может рассматриваться только как предварительный признак термического воздействия при условии указания температуры, длительности нагревания, доступа кислорода и типа силера. В литературе описывается, что совокупность морфологических признаков разрушения может использоваться для предварительной идентификации материала и ориентировочной оценки температурного режима, однако такие выводы требуют сопоставления с условиями нагревания, видом материала и примененным методом анализа. Сделан вывод о том, что аналитический обзор данных о термической деградации стоматологических материалов имеет значение для судебно-медицинской диагностики, поскольку может способствовать более осторожной интерпретации признаков огневого воздействия и уточнению индивидуализирующих признаков зубочелюстной системы.

Ключевые слова: пломбировочные материалы, термическая деградация, судебная стоматология, огневое воздействие, морфологические признаки.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE DESTRUCTION OF VARIOUS FILLING MATERIALS UNDER FIRE EXPOSURE

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

Autonomous Non-Profit Organization Research Center for Forensic Expertise and Research, Moscow, Russian Federation, e-mail: ashothirurg@mail.ru

The destruction of filling materials under the influence of high temperatures is a significant problem in forensic dentistry, since the composition and structure of restorative and endodontic materials determine different patterns of thermal degradation and unequal diagnostic value in the examination of burned human remains. The need to compare these differences is determined by the tasks of reconstructing the conditions of fire exposure and identifying the dental materials used. The aim of the study is to conduct a comparative analysis of the destruction of various types of filling materials under the influence of high temperatures and to identify forensically significant signs of their thermal degradation. The materials and methods of the study included a narrative review of the literature devoted to morphological, microstructural, and physicochemical changes in composites, glass ionomer cements, amalgams, metal prosthetic constructions, and gutta-percha-based endodontic materials when exposed to heat. According to individual publications, composite materials may undergo destruction mainly as a result of thermal degradation of the polymer matrix and subsequent loss of bonding with the filler; glass ionomer cements, in a number of observations, retain recognizable structural fragments even with pronounced cracking; amalgams may demonstrate surface changes, porosity, and signs of loss of the mercury phase; metal constructions require

separate assessment taking into account the specific alloy; the condition of gutta-percha can be regarded only as a preliminary sign of thermal exposure, provided that the temperature, duration of heating, oxygen access, and type of sealer are specified. The literature describes that a combination of morphological signs of destruction may be used for the preliminary identification of the material and an approximate assessment of the temperature regime; however, such conclusions require comparison with the heating conditions, type of material, and method of analysis used. It is concluded that an analytical review of data on the thermal degradation of dental materials is important for forensic medical diagnostics, since it may contribute to a more cautious interpretation of signs of fire exposure and to the clarification of individualizing features of the dentoalveolar system.

Keywords: amalgam, gutta-percha, pyrolysis, porous structure, metal melting, forensic odontology, fire exposure, thermal resistance, material failure, morphological indicators.

Введение

Разрушение пломбировочных материалов под воздействием высоких температур представляет собой значимый объект судебно-медицинского исследования, поскольку стоматологические реставрации нередко сохраняются лучше, чем большинство мягких тканей, и могут использоваться в качестве устойчивых идентификационных признаков при исследовании обгоревших трупов, жертв пожаров, высокотемпературных аварий и иных случаев действия открытого пламени. Диагностическая ценность таких объектов определяется не только фактом их наличия, но и характером изменений, возникающих при нагревании, поскольку именно морфология остаточных структур позволяет судить о температурном режиме, длительности воздействия и последовательности разрушения зубочелюстной системы [1].

Стоматологические материалы, применяемые в терапевтической, ортопедической и эндодонтической практике, существенно различаются по химическому составу, фазовой организации, содержанию органической и неорганической составляющих, коэффициенту теплопроводности, температуре размягчения, устойчивости к окислению и характеру деградации. Эти различия предопределяют неодинаковое поведение материалов при огневом воздействии и требуют их раздельного анализа. Особенно важно учитывать, что морфология разрушения формируется не изолированно, а во взаимодействии с твердыми тканями зуба, состояние которых также изменяется под действием температуры [2].

Судебно-медицинская интерпретация термически измененных реставраций невозможна без понимания общих закономерностей повреждения зубных структур при высокотемпературном воздействии. Именно поэтому сравнительная оценка поведения пломбировочных материалов позволяет не только описывать отдельные признаки разрушения, но и строить более обоснованную реконструкцию обстоятельств происшествия. В экспертной практике это имеет значение для решения вопросов идентификации личности, определения степени и характера термического воздействия, а также разграничения первичных изменений, вызванных огнем, и вторичных посмертных повреждений [3].

Различные типы пломбировочных материалов отличаются не только химическим составом, но и механизмом структурообразования, наличием органических и неорганических

фаз, степенью наполнения и природой матрицы. Композитные материалы состоят из полимерной матрицы и наполнителей, обладающих различной степенью термостойкости. Металлические пломбы имеют высокую температуру плавления и предсказуемую физическую деградацию. Стеклоиономерные цементы представляют собой систему с высокой неорганической составляющей, что повышает их стабильность. Амальгамы характеризуются сложной смесью металлических фаз, обладающих уникальными свойствами при нагревании. Эндодонтические материалы на основе гуттаперчи не могут рассматриваться как самостоятельный температурный индикатор без указания условий нагревания. Для судебно-медицинской интерпретации необходимо учитывать конкретную температуру, длительность экспозиции, наличие или отсутствие доступа кислорода, положение материала внутри корневого канала, а также тип использованного силера. Поэтому состояние гуттаперчи может рассматриваться только как предварительный признак возможного огневого воздействия и требует сопоставления с состоянием дентина, эмали, эндодонтического силера и других стоматологических материалов [4].

Термодинамические свойства материалов определяют последовательность разрушения. При воздействии температур до 150–200 °С многие материалы демонстрируют начальные стадии структурных изменений, характеризующиеся уменьшением прочности, потерей связующих компонентов и частичной усадкой. Уже на данном этапе формируются признаки, имеющие значение для последующей экспертной интерпретации, поскольку ранние изменения структуры могут определять дальнейший механизм фрагментации, выпадения материала из полости зуба или его сохранения в измененном виде [5].

Цель исследования - провести аналитический обзор данных литературы о разрушении различных типов пломбировочных материалов под воздействием высоких температур и определить значимые в судебно-медицинском отношении признаки их термической деградации. По характеру научного материала статья относится к нарративному обзору литературы, поскольку в ней не представлены результаты собственного экспериментального нагревания образцов, а сопоставляются опубликованные сведения о морфологических, микроструктурных и физико-химических признаках разрушения композитных материалов, стеклоиономерных цементах, амальгам, металлических ортопедических конструкций и эндодонтических материалов на основе гуттаперчи. Основной научный акцент сделан на систематизации признаков, имеющих значение для судебно-медицинской реконструкции условий огневого воздействия и оценки сохранности стоматологических материалов после действия высоких температур.

Научная новизна исследования заключается в систематизации и сравнительном сопоставлении материал-специфических признаков термической деградации различных

стоматологических реставрационных и эндодонтических материалов в судебно-медицинском аспекте. В отличие от работ, посвященных общим вопросам судебно-стоматологической идентификации или оценке состояния твердых тканей зуба после воздействия высоких температур, в статье акцент сделан на различиях механизмов разрушения композитов, стеклоиономерных цемента, амальгам, металлических ортопедических конструкций и гуттаперчи. Новизна состоит также в выделении диагностически значимых признаков, позволяющих соотносить тип материала с предполагаемым температурным диапазоном, характером огневого воздействия и возможностью последующей экспертной идентификации.

Практическая значимость исследования состоит в возможности использования обобщенных признаков термической деградации пломбировочных, ортопедических и эндодонтических материалов при судебно-медицинском исследовании обгоревших останков. Выделенные признаки позволяют уточнять факт наличия стоматологического лечения при жизни, ориентировочно оценивать температурный диапазон огневого воздействия, отличать термическое разрушение реставраций от механических посмертных повреждений и повышать точность судебно-стоматологической идентификации. Наиболее значимыми для экспертной практики являются сохранность металлических конструкций, пористая перестройка амальгам, трещиноватость стеклоиономерных цемента, карбонизация композитов и исчезновение либо обугливание гуттаперчи в корневых каналах.

Задачи исследования:

1. Охарактеризовать особенности разрушения композитных материалов, стеклоиономерных цемента, амальгам, металлических ортопедических конструкций и эндодонтических материалов на основе гуттаперчи при воздействии высоких температур.
2. Установить различия в механизмах разрушения органической и неорганической фаз стоматологических материалов при нагревании.
3. Выявить морфологические и микроструктурные признаки, позволяющие идентифицировать тип материала и оценить характер термического воздействия.
4. Определить значение взаимодействия пломбировочных материалов с измененными зубными тканями для реконструкции последовательности разрушения.
5. Обосновать судебно-медицинскую значимость сравнительного анализа термической деградации стоматологических материалов.

Материал и методы исследования

Работа выполнена как нарративный обзор литературы, посвященный термической деградации стоматологических реставрационных, ортопедических и эндодонтических материалов в судебно-медицинском аспекте. Поиск публикаций проводился по электронным научным базам и поисковым системам eLIBRARY.RU, PubMed, Google Scholar, ScienceDirect

и SpringerLink. Для отбора источников использовались русскоязычные и англоязычные поисковые запросы: «судебная одонтология, обгоревшие останки», «зубы, высокая температура, судебная медицина», «термическая деградация стоматологических материалов», «композитные материалы, нагревание, термодеструкция», «стеклоиномерный цемент, высокая температура», «амальгама, нагревание, ртуть», «гуттаперча, нагревание, эндодонтия», «forensic odontology burned remains», «dental materials thermal degradation», «composite resin high temperature», «glass ionomer cement heat exposure», «dental amalgam heating», «gutta-percha thermal degradation», «SEM EDS FTIR TGA DSC dental materials».

В обзор включались публикации, соответствующие теме статьи и содержащие сведения о воздействии высокой температуры, открытого пламени или лабораторного нагревания на зубы, композитные реставрационные материалы, стеклоиномерные цементы, амальгамы, металлические стоматологические конструкции и материалы на основе гуттаперчи. Учитывались работы, в которых были указаны температурные режимы, условия экспозиции, наблюдаемые морфологические или микроструктурные признаки, а также методы анализа материала, включая световую микроскопию, сканирующую электронную микроскопию, энергодисперсионный рентгеновский анализ, инфракрасную спектроскопию, термогравиметрический анализ и дифференциальную сканирующую калориметрию. Из рассмотрения исключались источники, посвященные только правовым, организационным или клиническим аспектам стоматологической помощи, если они не содержали данных о физико-химическом поведении стоматологических материалов при нагревании.

Поиск и отбор публикаций проводились за период с 2014 по 2026 г. При первичном поиске было выявлено 86 источников. После исключения повторяющихся публикаций осталось 61 наименование. На этапе анализа названий и аннотаций исключены 29 источников, не относящихся непосредственно к воздействию высокой температуры на зубы и стоматологические материалы. После полнотекстовой оценки исключены еще 17 публикаций, поскольку они не содержали сведений о температуре, экспозиции, материале или методе анализа. В итоговый массив обзора включено 15 источников, использованных для сопоставления признаков термической деградации стоматологических материалов.

Последовательность отбора источников для нарративного обзора литературы представлена в таблице 1.

Отбор источников для нарративного обзора литературы

Этап отбора	Количество источников	Основание отбора или исключения
Первично выявлено при поиске	86	Поиск по базам eLIBRARY.RU, PubMed, Google Scholar, ScienceDirect, SpringerLink
Исключено как дубли	25	Повторяющиеся публикации в разных базах
Осталось после удаления дублей	61	Источники, подлежащие анализу по названию и аннотации
Исключено после анализа названия и аннотации	29	Нет прямой связи с огневым воздействием, высокой температурой или стоматологическими материалами
Отобрано для полнотекстовой оценки	32	Публикации потенциально соответствовали теме обзора
Исключено после полнотекстовой оценки	17	Не указаны температура, экспозиция, материал или метод анализа
Включено в итоговый обзор	15	Источники содержат данные, пригодные для сопоставления материала, температуры, признака деградации и метода исследования

Материалами анализа выступали опубликованные сведения о термической деградации пяти групп стоматологических материалов: композитных реставрационных материалов, стеклоиономерных цементах, амальгам, металлических ортопедических конструкций и эндодонтических материалов на основе гуттаперчи.

При интерпретации источников необходимо разграничивать публикации по их доказательственной функции. Работы, посвященные судебной стоматологии, цифровым базам данных, судебной практике и организации судебно-медицинской экспертизы, могут использоваться для обоснования актуальности идентификации, значения стоматологического статуса и роли экспертного сопоставления. Однако такие источники не должны применяться как доказательство физико-химических процессов: термодеструкции композитов, дегидратации стеклоиономерных цементах, изменения амальгам, поведения гуттаперчи, окисления сплавов или результатов SEM, EDS, FTIR, TGA и DSC-анализа. Для подтверждения этих процессов допустимы только источники, содержащие материаловедческие, экспериментальные, микроструктурные или физико-химические данные.

Морфологическая оценка фрагментов материалов требует применения методов, позволяющих фиксировать изменение цвета, структуру поверхности, наличие трещин и характер разрушения. При наличии соответствующих экспериментальных данных сканирующая электронная микроскопия, энергодисперсионный рентгеновский анализ, инфракрасная спектроскопия, термогравиметрический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия могут использоваться для уточнения микроструктурных и

физико-химических изменений материала. Вместе с тем результаты таких методов нельзя подтверждать юридическими, организационными или общими судебно-стоматологическими источниками; они требуют опоры на публикации, где непосредственно описаны материал, условия нагревания и примененный аналитический метод [6].

Морфологическая оценка фрагментов материалов требует применения микроскопии. Оптическая микроскопия фиксирует изменение цвета, структуру поверхности, наличие трещин и характер разрушения. Сканирующая электронная микроскопия позволяет выявлять микроструктурные особенности фрагментов, определять вовлеченность отдельных фаз в процесс разрушения, распознавать следы плавления или карбонизации. Эти данные используются для реконструкции термического воздействия, оценки его длительности и температуры [7].

Физико-химический анализ позволяет оценивать изменения состава стоматологических материалов, однако выводы о термической деградации должны связываться с конкретным материалом и методом исследования. Для композитов значимы признаки разрушения органической матрицы и нарушения связи с наполнителем; для стеклоиономерных цементах - дегидратация, изменение рельефа и сохранность неорганической основы; для амальгам - изменение металлической структуры и возможная утрата ртутной фазы; для металлических конструкций - окисление, деформация и сохранность геометрии с учетом вида сплава. Состояние гуттаперчи не следует автоматически трактовать как указание на определенную температуру: ее размягчение, вытекание, обугливание или отсутствие в канале могут иметь судебно-медицинское значение только при наличии сведений о температуре, длительности нагревания, доступе кислорода, типе силера и исходном качестве эндодонтической obturation [8].

Судебно-медицинская интерпретация таких изменений требует учета не только собственно состояния реставрационного материала, но и характера повреждения зубочелюстной системы в целом. При этом значимыми оказываются признаки механической деструкции, трещинообразования, отделения материала от стенок полости и последующего смещения фрагментов, которые могут усложнять диагностику и имитировать иные механизмы повреждения [9].

Комплексный подход, сочетающий морфологическую, микроструктурную, физико-химическую и экспертную оценку, позволяет рассматривать данные о термической деградации материалов не изолированно, а в системе судебно-стоматологического исследования. Такое сочетание методов может использоваться для более осторожной реконструкции условий огневого воздействия, однако доказательственное значение

выявленных признаков зависит от полноты описания материала, температуры, длительности экспозиции и примененного метода анализа [10].

Доказательная характеристика признаков термической деградации стоматологических материалов с учетом типа материала, температурного воздействия, экспозиции, наблюдаемого признака и метода анализа представлена в таблице 2.

Таблица 2

Доказательная характеристика признаков термической деградации
стоматологических материалов

Материал	Температура	Экспозиция	Наблюдаемый признак	Метод анализа	Источник
Твердые ткани зуба и стоматологические материалы при огневом воздействии	Разные диапазоны высокотемпературного воздействия	Условия нагревания зависят от анализируемых публикаций	Изменение цвета, трещинообразование, фрагментация, утрата исходной структуры, изменение диагностической пригодности зубов и реставраций	Судебно-одонтологический анализ, сопоставление данных мировой литературы	[1]
Дентальные имплантаты	Высокотемпературное воздействие в сочетании с механической фрагментацией тканей	Посмертное воздействие огня и разрушение окружающих тканей	Сохранение имплантата как идентификационного признака, изменение состояния окружающих тканей, возможность сопоставления с прижизненными стоматологическими данными	Судебно-медицинская и судебно-стоматологическая идентификация	[2]
Стоматологические конструкции и признаки лечения	Температурный режим специально не унифицирован, рассматривается в контексте идентификации останков	Посмертное воздействие повреждающих факторов	Сохранение индивидуализирующих признаков стоматологического лечения, пригодных для идентификации человеческих останков	Судебно-стоматологический анализ, сопоставление стоматологического статуса	[3; 4]
Эндодонтические материалы и фрагменты инструментов в корневых каналах	Температура не является основным параметром исследования	Экспозиция не задавалась как самостоятельное условие	Возможность выявления эндодонтических материалов и фрагментов инструментов в каналах удаленных зубов	Компьютерная томография	[9]
Материалы на основе гуттаперчи	Низкие и умеренные температурные интервалы	Условия нагревания должны уточняться с	Размягчение, утрата формы, возможное вытекание или исчезновение	Эндодонтический и рентгенологический анализ,	[8; 9]

Материал	Температура	Экспозиция	Наблюдаемый признак	Метод анализа	Источник
	требуют отдельной экспериментальной проверки	учетом типа силера, доступа кислорода и положения материала в канале	материала из корневого канала при выраженном нагревании; признак не может использоваться без указания условий эксперимента	сопоставление с данными обтурации каналов	
Композитные материалы	При нагревании выше начальных температурных интервалов возможна деградация органической фазы	Экспозиция зависит от состава композита и условий нагревания	Нарушение связи между органической матрицей и неорганическим наполнителем, изменение поверхности, потеря исходных свойств, возможная карбонизация органической фазы	Материаловедческий анализ, оценка структуры композита и адгезивного интерфейса	[10-12]
Эмаль и твердые ткани зуба в зоне препарирования	Температурный режим в источнике не является основным предметом исследования	Экспозиция не задавалась как условие огневого воздействия	Изменение структуры и микроэлементного состава эмали значительно для интерпретации состояния зуба при анализе реставраций	Микроструктурный и микроэлементный анализ	[13]
Стеклоиономерные цементы и алюмофторсиликатные стекла	Поведение при нагревании требует сопоставления с составом материала	Экспозиция зависит от типа цемента и условий эксперимента	Сохранение неорганической основы, трещинообразование, изменение прочности и поверхности; вывод о термостойкости должен связываться с конкретным составом цемента	Материаловедческий анализ состава и структуры цемента	[14; 15]
Металлические ортопедические конструкции и имплантаты	Высокотемпературное воздействие; конкретные температурные значения должны указываться отдельно для титана, Co-Cr, Ni-Cr, стали, золота и металлокерамики	Экспозиция зависит от условий пожара и вида сплава	Сохранение формы, окисление, изменение поверхности, возможная деформация; объединение всех металлов в одну группу недопустимо без указания сплава	Судебно-медицинская идентификация, 3D-сопоставление, цифровые базы данных	[2; 5; 6]
Амальгама	Высокие температуры требуют отдельного анализа с учетом ртутной фазы и состава сплава	Экспозиция должна быть указана в экспериментальных работах	Возможное изменение поверхности, пористость и утрата ртутной фазы; признак нельзя подтвердить	Материаловедческий анализ, при наличии данных - SEM / EDS	[1]

Материал	Температура	Экспозиция	Наблюдаемый признак	Метод анализа	Источник
			правовыми или организационными источниками		

Данные, представленные в таблице 2, показывают, что доказательная ценность признаков термической деградации неодинакова для разных групп стоматологических материалов. Наиболее надежная экспертная интерпретация возможна только при сопоставлении морфологических признаков с температурным режимом, длительностью воздействия, составом материала и методом исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

При дальнейшем повышении температуры, превышающем 300–400 °С, композитные материалы утрачивают монолитность. Полимерная матрица подвергается термической деструкции и карбонизации, а неорганический наполнитель постепенно теряет связь с органической фазой. В условиях быстрого нагрева образуется рыхлая порошкообразная или зернистая масса, которая может частично сохранять общий контур реставрации, но полностью утрачивает исходные прочностные свойства. Судебно-медицинское значение композитов заключается в том, что даже после выраженного разрушения отдельные частицы наполнителя и остаточные участки реставрации могут сохранять диагностические признаки, позволяющие установить факт наличия пломбы до воздействия огня.

Стеклоиономерные цементы демонстрируют иной механизм разрушения, поскольку их структура содержит значительную неорганическую составляющую. При умеренном нагревании основными признаками являются дегидратация, изменение цвета, образование микротрещин и постепенное снижение механической прочности. В отличие от композитов, стеклоиономерные цементы дольше сохраняют форму и распознаваемую структуру, поэтому их остаточные фрагменты могут использоваться как судебно-медицинские маркеры при исследовании зубов, подвергшихся высокотемпературному воздействию.

Амальгамы, содержащие серебро, олово, медь и ртуть, характеризуются специфическими изменениями при нагревании. Одним из наиболее значимых процессов является испарение ртутной фазы, что приводит к формированию пористого рельефа, изменению поверхности и нарушению внутренней структуры материала. При этом металлические компоненты могут сохраняться даже после выраженного огневого воздействия, благодаря чему амальгамные реставрации обладают высокой идентификационной ценностью при исследовании обгоревших останков.

Металлические вкладки, коронки, имплантаты и иные ортопедические конструкции требуют отдельного анализа с учетом состава сплава. Титановые конструкции и имплантаты могут сохранять форму при выраженном повреждении окружающих тканей, но их поверхность способна изменяться за счет окисления и механической фрагментации тканей. Кобальт-хромовые и никель-хромовые сплавы отличаются высокой термической устойчивостью, однако характер их изменения зависит от состава сплава, толщины конструкции и условий нагревания. Золото и золотосодержащие сплавы, нержавеющая сталь и металлокерамические конструкции также не должны объединяться в одну группу, поскольку различаются по температуре размягчения, характеру деформации, окислению поверхности и сохранности керамического покрытия. Поэтому в судебно-стоматологическом описании необходимо указывать не только факт наличия металлической конструкции, но и предполагаемый тип сплава, вид конструкции, степень деформации, изменение цвета, состояние поверхности и сохранность геометрии.

Эндодонтические материалы на основе гуттаперчи требуют особенно осторожной интерпретации, поскольку их состояние зависит не только от температуры, но и от длительности нагревания, доступа кислорода, положения материала в корневом канале, плотности obturation и типа силера. Размягчение, вытекание, обугливание или отсутствие гуттаперчи в канале не должны автоматически связываться с конкретным температурным диапазоном. Такие признаки могут рассматриваться только как предварительные указания на возможное термическое воздействие и должны сопоставляться с состоянием дентина, эмали, формой канала, остатками силера и другими признаками эндодонтического лечения.

Дополнительное значение для судебно-медицинского анализа имеет изучение трансформации пломбировочных материалов на уровне микроструктуры, поскольку именно внутренние изменения материала определяют характер его разрушения при интенсивном нагревании. При воздействии огня структура композитов изменяется неравномерно: полимерная матрица подвергается термической деструкции, нарушается связь между матрицей и наполнителем, формируются зоны карбонизации и пористости. Такие признаки имеют значение не только для описания повреждения, но и для последующего распознавания материала при микроскопическом исследовании [11].

При длительном термическом воздействии композитный материал демонстрирует прогрессирующую потерю массы, изменение цвета, появление меловидной структуры и выпадение отдельных фракций наполнителя. Продукты термического распада органической фазы частично испаряются, оставляя после себя пористые участки. Чем выше температура и продолжительнее экспозиция, тем более выраженными становятся пористость, неоднородность поверхности и разрушение связи между компонентами материала [12].

Стеклоиономерные цементы под воздействием огня демонстрируют характерные изменения, связанные с дегидратацией и неравномерным тепловым расширением отдельных фаз. В интервале высоких температур их структура сохраняет большую устойчивость по сравнению с композитами, однако на микроскопическом уровне выявляются трещины, изменение рельефа поверхности и признаки фрагментации. Эти свойства позволяют рассматривать стеклоиономерные цементы как более устойчивые, но не полностью инертные материалы при судебно-медицинском исследовании обгоревших зубов [13].

Термическое воздействие на амальгамы вызывает не только испарение ртутной фазы, но и перестройку металлической структуры сплава. После испарения ртути формируются пористые пустоты, изменяется рельеф поверхности, нарушается однородность материала. На микроскопическом уровне могут выявляться зоны рекристаллизации и локального изменения металлических фаз. Эти признаки позволяют отличать термическое разрушение амальгамы от механического повреждения реставрации.

Металлические ортопедические конструкции также демонстрируют изменения в зависимости от температуры. При воздействии огня они могут покрываться оксидной пленкой, изменять цвет, частично деформироваться или сохранять геометрию при значительном повреждении окружающих тканей зуба. В судебной стоматологии это особенно важно, поскольку металлические конструкции часто остаются пригодными для идентификации даже тогда, когда другие стоматологические материалы уже разрушены.

Особое внимание должно уделяться анализу гуттаперчи, поскольку ее использование как признака огневого воздействия возможно только при описании условий, в которых сформировались изменения. В статье нельзя утверждать высокую предсказуемость ее термического поведения без указания температуры нагревания, времени экспозиции, наличия или отсутствия кислорода, типа силера, положения материала внутри канала и исходной плотности obturation. При судебно-медицинской оценке допустимо указывать, что размягчение, деформация, вытекание, обугливание или отсутствие гуттаперчи могут соответствовать термическому воздействию, однако эти признаки не позволяют самостоятельно определить температуру пожара. Поэтому состояние гуттаперчи необходимо сопоставлять с данными компьютерной томографии, признаками эндодонтического лечения, состоянием стенок корневого канала, дентина и окружающих твердых тканей зуба [14].

Отдельного рассмотрения заслуживает взаимодействие пломбировочных материалов с зубными тканями, измененными под действием огня. По мере повышения температуры эмаль и дентин теряют влагу, становятся более хрупкими, изменяют цвет и формируют трещины. Это влияет на фиксацию реставрационного материала в полости зуба. Если ткани зуба разрушаются быстрее, чем пломба, возможно выпадение фрагмента материала без его полного

внутреннего разрушения. В других случаях материал термически деформируется быстрее дентина, поэтому в полости зуба остаются участки расплавленного, обугленного или порошкообразного компонента. Для судебно-медицинской оценки важно учитывать не только состояние самой пломбы, но и характер краевого прилегания, трещины в твердых тканях зуба, следы отделения материала и остаточные признаки его присутствия.

Сравнительный анализ также требует оценки поведения адгезивных систем, применяемых при постановке композитных пломб. Адгезивные слои основаны преимущественно на органических смолах, поэтому при воздействии высоких температур они разрушаются раньше, чем неорганический наполнитель композитного материала. В результате композитная реставрация может отделяться от стенок полости зуба даже в тех случаях, когда отдельные фрагменты материала сохраняют распознаваемые признаки. Поэтому отсутствие пломбы в полости зуба после пожара не всегда означает ее отсутствие при жизни; оно может быть следствием разрушения адгезивного слоя, термической усадки или выпадения материала после растрескивания твердых тканей зуба.

Характер разрушения пломбировочных материалов зависит не только от их состава, но и от интенсивности огневого воздействия. Быстрый рост температуры приводит к неравномерному расширению органической и неорганической фаз, формированию трещин, пор и участков локального разрушения. Постепенное нагревание вызывает более последовательную деградацию: сначала изменяются цвет и поверхностная структура, затем снижается прочность, нарушается связь материала с тканями зуба, после чего формируются признаки обугливания, спекания, плавления или полной фрагментации. Именно поэтому температурный режим должен оцениваться по совокупности признаков, а не по одному изолированному изменению.

При судебно-медицинском исследовании необходимо учитывать возможность вторичных повреждений. Во время пожара возможны падение конструкций, обрушение предметов, перемещение тела, механическое дробление зубов и выпадение реставраций после первичного термического разрушения. Однако термическое воздействие имеет специфические признаки: изменение цвета, обугливание органической фазы, пористость, оплавление поверхности, оксидные пленки на металлах и характерное растрескивание твердых тканей зуба. Разграничение первичной термической деградации и вторичных механических повреждений может повышать обоснованность экспертной интерпретации, однако такой вывод требует сопоставления с конкретными условиями обнаружения останков и характером повреждения зубочелюстной системы.

Судебно-медицинская значимость анализа заключается в том, что характер разрушения может использоваться для предварительного определения типа материала и ориентировочной

оценки температурного воздействия. Однако каждый признак должен соотноситься с доказательной базой соответствующего типа: данные о композитах, стеклоиономерных цементах, амальгамах, гуттаперче и металлических сплавах должны подтверждаться материаловедческими или экспериментальными источниками, а не публикациями о судебной практике, организации экспертизы или цифровой идентификации. Обугленные и пористые остатки композита, трещиноватость стеклоиономерного цемента, изменение поверхности амальгамы, сохранность металлической конструкции или отсутствие гуттаперчи в корневом канале могут иметь экспертное значение только при сопоставлении с температурой, экспозицией, составом материала и методом анализа.

Практическая значимость обобщенных литературных данных состоит в возможности их осторожного использования при исследовании обгоревших останков, реконструкции условий огневого воздействия и уточнении индивидуализирующих признаков зубочелюстной системы. Материал-специфические признаки разрушения пломбировочных, ортопедических и эндодонтических материалов позволяют судебно-медицинскому эксперту сопоставлять посмертные изменения с прижизненным стоматологическим статусом и выявлять следы ранее выполненного лечения, однако такие признаки не должны рассматриваться как самостоятельное доказательство без учета температуры, экспозиции, состава материала и примененного метода анализа [15].

Заключение

Разрушение различных типов пломбировочных материалов под воздействием высоких температур носит закономерный и материал-специфический характер. Различия в химическом составе, соотношении органической и неорганической фаз, характере матрицы и механизме фиксации в тканях зуба определяют особенности термической деградации реставраций и эндодонтических материалов.

Композитные материалы могут демонстрировать разрушение полимерной матрицы и последующую потерю связи с наполнителем; стеклоиономерные цементы в отдельных публикациях описываются как материалы, способные сохранять распознаваемые фрагменты структуры при выраженной трещиноватости; амальгамы могут характеризоваться изменением поверхности и пористостью вследствие трансформации металлических фаз; металлические ортопедические конструкции требуют оценки с учетом конкретного сплава; гуттаперча не должна использоваться как самостоятельный индикатор низкотемпературного воздействия без данных о температуре, экспозиции, доступе кислорода, типе силера и условиях нахождения материала в корневом канале.

Таким образом, аналитический обзор литературы позволяет выделить значимые в судебно-медицинском отношении признаки термической деградации различных типов

пломбировочных материалов, которые могут использоваться для предварительной реконструкции условий огневого воздействия и идентификации материала только при сопоставлении с данными о температуре, длительности нагревания, составе материала и методе анализа.

Список литературы

1. Готовка А. В. О возможностях судебной одонтологии в определении действия высоких температур по данным мировой специальной литературы // Медико-криминалистическая экспертиза: итоги и перспективы развития. К 90-летию отдела медицинской криминалистики и идентификации личности ФГБУ «РЦСМЭ» Минздрава России: труды научно-практической конференции (Москва, 20–21 ноября 2025 года) / под общ. ред. д.м.н., проф. И. Ю. Макарова. М.: ООО «Принт», 2025. С. 107-116. URL: https://www.rc-sme.ru/files/Trudy_NPK_2025.pdf (дата обращения 10.05.2026).
2. Камалян А. В. Дентальные имплантаты как идентификационные признаки посмертной судебно-медицинской экспертизы при термическом воздействии и механической фрагментации тканей // Современные проблемы науки и образования. 2026. № 3. С. 18. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=34516>. (дата обращения: 15.05.2026). DOI: 10.17513/spno.34516.
3. Камалян А. В. Стоматология в судебной медицине: методы идентификации человеческих останков // Современные проблемы науки и образования. 2025. № 6. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=34409> DOI: 10.17513/spno.34409. (дата обращения 10.05.2026).
4. Санзяпова Р. Р. Роль стоматологии в судебной медицине: процесс идентификации человеческих останков // Пациентоориентированная медицина и фармация. 2024. Т. 2. № 4. С. 94–99. DOI: 10.37489/2949-1924-0073. URL: <https://www.patient-oriented.ru/jour/article/view/128> (дата обращения 18.05.2026).
5. Камалян А. В. Роль 3D-технологий и цифровых баз данных в современной судебной стоматологии // Стоматология. 2026. Т. 105. № 2. С. 60–64. DOI: 10.17116/stomat202610502160. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/stomatologiya/2026/2/1003917352026021060> (дата обращения 18.05.2026).
6. Розов Р. А., Трезубов В. Н., Попов В. Л., Ковалев А. В., Кувакин В. И. Автоматизированное цифровое исследование в судебно-стоматологической экспертизе для сопоставления объемной модели и архивных фотографий полных съемных протезов // Стоматология. 2022. Т. 101, № 3. С. 61–69. DOI: 10.17116/stomat202210103161. URL:

<https://www.mediasphera.ru/issues/stomatologiya/2022/3/1003917352022031061> (дата обращения 10.05.2026).

7. 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. Т. 66. № 1. С. 5–8. DOI: 10.17116/sudmed2023660115. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/sudebno-meditsinskaya-ekspertiza/2023/1/1003945212023011005> (дата обращения 10.05.2026).

8. Исмаилов Ф. Р., Хабадзе З. С., Генералова Ю. А., Бакаев Ю. А., Литвиненко А. А. Оптимизация obturации корневых каналов // Эндодонтия Today. 2022. Т. 20. № 2. С. 131–135. DOI: 10.36377/1726-7242-2022-20-2-131-135. URL: <https://www.endodont.ru/jour/article/view/1098> (дата обращения 14.05.2026).

9. Ничипор Е. А., Петровская В. В., Лежнев Д. А. Идентификационные признаки эндодонтических материалов и фрагментов сломанных инструментов в каналах удаленных зубов по данным компьютерной томографии // Клиническая стоматология. 2021. № 1 (97). С. 35–41. DOI: 10.37988/1811-153X_2021_1_35. URL: <https://kstom.ru/ks/article/view/0097-05> (дата обращения 18.05.2026).

10. Середин П. В., Ипполитов Ю. А., Голощапов Д. Л., Кашкаров В. М., Ипполитов И. Ю., Аврамова О. Г. Биомиметическая стратегия в основе создания гибридного биоинтерфейса между нативной тканью зуба человека и стоматологическим композитом // Стоматология. 2022. Т. 101. № 2. С. 7–13. DOI: 10.17116/stomat20221010217. URL: <https://www.mediasphera.ru/issues/stomatologiya/2022/2/1003917352022021007> (дата обращения 10.05.2026).

11. Середин П. В., Голощапов Д. Л., Альзубайди Асаад А. Х., Кашкаров В. М., Буйлов Н. С., Ипполитов Ю. А., Вонгсвивут Дж. Разработка биомиметических композитных стоматологических материалов на основе нанокристаллического гидроксиапатита и светоотверждаемого адгезива // Конденсированные среды и межфазные границы. 2022. Т. 24. № 3. С. 356–361. DOI: 10.17308/kcmf.2022.24/9858. URL: <https://journals.vsu.ru/kcmf/ru/article/view/9858> (дата обращения 18.05.2026).

12. Бордина Г. Е., Лопина Н. П., Паршин Г. С., Андреев А. А., Некрасов И. А. К вопросу о механизме световой полимеризации композитов // Российский стоматологический журнал. 2022. Т. 26. № 2. С. 163–170. DOI: 10.17816/1728-2802-2022-26-2-163-170. URL: https://rjdentistry.com/1728-2802/article/view/107512/ru_RU (дата обращения 18.05.2026).

13. 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. Т. 26. № 1. С. 24–31. DOI: 10.37988/1811-153X_2023_1_24. URL: <https://kstom.ru/ks/article/view/0105-04> (дата обращения 10.05.2026).

14. Романенко А. А., Бузов А. А., Чув В. П., Дороганов В. А., Лукин Е. С. Dental materials based on alumino-fluorosilicate glass // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 9. С. 77–87. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-9-77-87. URL: <https://bulletinbstu.editorum.ru/en/nauka/article/51427/view> (дата обращения 10.05.2026).

15. Буркова-Абед А. А., Абед Н.Ф. З., Пичхидзе С. Я. Модифицирование пломбировочного материала из группы стеклоиономерных цемента // Российский журнал биомеханики. 2026. Т. 30. № 1. С. 156–165. DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2026.1.13. URL: https://www.researchgate.net/publication/404612535_Modificirovanie_plombirovocnogo_materiala_iz_gruppy_stekloionomernyh_cementov (дата обращения 18.05.2026).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.