





Во введении раскрыты актуальность темы исследования и степень ее разработанности в отрасли, определены цель и задачи, сформулированы основные положения, обладающие научной новизной и выносимые на защиту, охарактеризованы используемые методы исследования.

В первой главе «Определение напряженно-деформированного состояния эмали в вершине фиссуры и ее роль в снижении плотности минерализации окклюзионной поверхности зуба» рассмотрена механико-математическая модель фиссуры, на основе аналитических решений для клина получены выражения для оценки напряженно-деформированного состояния в окрестности вершины фиссуры и области виртуального разрушения эмали в окрестности фиссуры. Разработанная модель позволила сформулировать методику для определения критической величины силы прикуса, приводящей к деминерализации ткани в окрестности вершины фиссуры, на основе карты плотностей минерализации. В качестве примера рассмотрена конкретная задача по определению критической величины силы прикуса моляра с заданным углом раствора.

Вторая глава «Экспериментальное исследование свойств эмали и дентина в окрестности области кариеса в стадии белого пятна» посвящена экспериментальным исследованиям, в рамках которых выявлен ряд фундаментальных изменений, возникающих внутри эмали и дентина на первой клинически видимой стадии кариеса. Так, было зафиксировано существенное снижение значений механических свойств тканей при небольшом снижении значений их плотности минерализации. Отмечена аномальная реакция дентина в окрестности кариеса в стадии белого пятна на нагрузку, так при индентировании оказался характерным рост глубины внедрения при удержании максимальной силы внедрения. Было показано, что на пораженных кариесом участках значительно увеличивалась средняя шероховатость, и изменился рельеф поверхности. Методом рамановской спектроскопии также были выявлены особенности, связанные с изменениями молекулярного состава в патологически измененных областях. Выявленные экспериментальным путем фундаментальные изменения несут важный с точки зрения клинической практики смысл.

В третьей главе «Сравнительный анализ плотности и микроструктуры стоматологических материалов, применяемых при лечении кариеса в стадии белого пятна» представлена авторская методика неразрушающего контроля, ориентированная на непосредственно клиническую практику. Отдельно автором рассмотрены ограничения разработанного подхода в случаях, когда области кариеса неоднородны и имеют сложные траектории. При изучении действия инфильтранта на ткани зуба выявлено существенное негативное



влияние кислоты, входящей в комплект для лечения пациента, на плотность минерализации эмали и дентина, в том числе вне очага кариеса, и выработана соответствующая рекомендация. Показано, что метод инфильтрации обладает наибольшим положительным эффектом, но является наиболее сложной техникой с точки зрения исполнения.

В заключении подведены итоги исследования, изложены основные положения, сделаны выводы.

К основным результатам диссертационного исследования, обладающим научной новизной, относятся следующие положения соискателя:

- 1) автором впервые предлагается комплексная биомеханическая методика, позволяющая по размерам области пониженной плотности минерализации установить критическую величину силы прикуса, приводящую к деминерализации ткани в окрестности вершины фиссуры, и, как следствие, предложен способ прогнозирования скорости развития процесса деминерализации тканей зуба;
- 2) в разработанную автором комплексную биомеханическую методику впервые включена механико-математическая модель эмали фиссуры в виде развернутого упругого клина, имитирующего эмаль, подверженную воздействию силы прикуса, которая позволяет определять область виртуального разрушения эмали в окрестности вершины фиссуры;
- 3) в рамках разработанной биомеханической методики автором впервые определена величина критической силы прикуса на основании конгруэнтности области виртуального разрушения и области пониженной плотности минерализации, определяемой посредством микро-КТ анализа;
- 4) автором проведены многосторонние экспериментальные исследования механических и физических свойств тканей зуба, подверженного ранней стадии кариеса, с применением различных экспериментальных методов: наноиндентирование, АСМ, СЭМ и оптическая микроскопия, микро-КТ и рамановская спектроскопия. На основе полученных данных впервые описаны особенности молекулярного состава патологически изменённой эмали кариеса в стадии белого пятна, что позволяет проводить *in vivo* клиническую идентификацию кариеса в стадии белого пятна пациента;
- 5) автором впервые предложен подход для оценки эффективности стоматологических материалов для лечения кариеса в стадии белого пятна, основанный на сопоставлении трёхмерных карт



плотности, полученных путем сканирования с использованием микро-КТ тканей зуба до и после стоматологического вмешательства.

Достоверность полученных результатов обеспечивается строгостью использованного математического аппарата, физической обоснованностью модели фиссуры, использованием известных математических методов. Достоверность экспериментальных результатов обеспечивается своевременной калибровкой научного оборудования согласно инструкциям фирм-изготовителей и регулярными метрологическими поверками, обработкой экспериментальных результатов согласно стандартам ГОСТ и ISO, доклинической апробацией результатов совместно с практикующими стоматологами, согласованностью результатов экспериментов с опубликованными результатами других авторов.

Содержание диссертации изложено в логически последовательной форме. Стиль изложения в целом ясный и четкий. Диссертация оформлена с требованиями ВАК.

Диссертация не только вносит определённый вклад в биомеханику зубных тканей, но и обладает высокой степени практической значимостью. Разработанные методы могут быть внедрены в стоматологическую практику, в частности, предложенный Садыриным Е.В. подход для оценки эффективности стоматологических материалов для лечения кариеса в стадии белого пятна уже был внедрен в практику стоматологической клиники ООО «Макси-Дент», о чем свидетельствует приложенная к диссертации справка о внедрении.

Основное содержание работы опубликовано в 30 работах, из них: 11 в изданиях входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата наук и/или индексируемых в международных базах данных. Результаты обсуждались на международных и всероссийских конференциях.

Результаты диссертационной внедрены в учебную деятельность кафедры теоретической и прикладной механики Донского государственного технического университета.

Автореферат и публикации автора в полной степени отражают существенные положения, выводы и рекомендации диссертации.

В целом, диссертация заслуживает высокой оценки, однако не лишена недостатков, к числу которых, можно отнести следующие:



- 1) Постановка задачи определения напряженно-деформированного состояния в окрестности вершины фиссуры зуба дана для задачи раскрытия плоского клина из изотропного материала: в работе не приводится оценка выбора подобной модели, так как задача является существенно трехмерной, а материал – анизотропным. Может, более эффективной была бы модель деформирования сочлененной пластинчатой конструкции с механическими свойствами эмали на упругом основании со свойствами дентина?
- 2) Можно было бы оценить напряжения в окрестности вершины фиссуры зуба с точки зрения теории концентрации напряжений.
- 3) Было бы естественным распространить предложенную механико-математическая модель деформирования эмали фиссуры в виде развернутого упругого клина, имитирующего эмаль, на задачи оценки эффективности применения различных стоматологических материалов для лечения кариеса в стадии белого пятна.
- 4) Из диссертации не совсем понятно, насколько приведенная методика расчета напряженно-деформированного состояния в окрестности вершины фиссуры зуба подтверждается экспериментальными данными.

Перечисленные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и, таким образом, можно заключить, что диссертация Садырина Евгения Валерьевича по теме «Характеризация свойств здоровых и патологически измененных твердых тканей зуба», представленная на соискание ученой степени кандидата наук, является полноценной научно-квалификационной работой, в которой решен ряд задач, имеющих значение для развития биомеханики, и изложены новые научно обоснованные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития стоматологической отрасли.


Диссертационная работа Садырина Евгения Валерьевича «Характеризация свойств здоровых и патологически измененных твердых тканей зуба» соответствует паспорту специальности 1.1.10. — Биомеханика и биоинженерия, удовлетворяет всем требованиям пунктов 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Садырин Евгений Валерьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.10. — Биомеханика и биоинженерия.



Отзыв подготовлен доцентом, доктором физико-математических наук (01.02.04), профессором кафедры теоретической механики института математики и механики им. Н.И. Лобачевского Казанского федерального университета Дмитрием Валерьевичем Бережным (420008, Казань, ул. Кремлевская, 35, Институт математики и механики КФУ, тел. +7(917)297-97-96, e-mail Dmitri.Berezhnoi@kpfu.ru) и доцентом, кандидатом физико-математических наук (01.02.04), заведующим кафедрой компьютерной математики и информатики института математики и механики им. Н.И. Лобачевского Казанского федерального университета Оскаром Александровичем Саченковым (420008, Казань, ул. Кремлевская, 35, Институт математики и механики КФУ, тел. +7(950)317-13-00, e-mail OASachenkov@kpfu.ru).

Отзыв обсужден и утвержден на заседании кафедры компьютерной математики и информатики института математики и механики им. Н.И. Лобачевского ФГАОУ ВО Казанского федерального университета 20 октября 2023 г (голосование единогласное) протокол №7.

доц., д.ф.-м.н., профессор  
кафедры теоретической механики  
института математики и механики  
им. Н.И. Лобачевского  
Казанского федерального университета



Д.В. Бережной

доц., к.ф.-м.н., заведующий кафедрой  
компьютерной математики и информатики  
института математики и механики  
им. Н.И. Лобачевского  
Казанского федерального университета



О.А. Саченков



21.10.2023