

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Зайцева Дмитрия Викторовича «Физические механизмы деформации и разрушения в материалах с развитой иерархической структурой. Дентин и эмаль зубов», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Д.В. Зайцева посвящена экспериментальному изучению и построению моделей физических механизмов деформации и разрушения в дентине и эмали зубов человека, с целью создания научной базы для разработки нового поколения материалов с уникальным сочетанием прочностных характеристик. Полученные в результате комплексных исследований данные микроструктуры образцов твердых тканей зубов до и после деформации, механических характеристик дентина, эмали и дентиноэмалевого соединения и результаты сравнения поведения твердых тканей зубов с поведением модельных сред, положены в основу предложений по разработке материалов, сочетающих такие свойства, как малый вес, высокую прочность, пластичность и твердость.

Поэтому тема и направленность диссертационной работы Д.В. Зайцева представляются **актуальными**, как для понимания связи между структурой (иерархической) и механическими свойствами, так и для практической разработки материалов с новыми, задаваемыми свойствами на основе моделирования структур биологических материалов, а полученные результаты имеют значительный научный и практический интерес.

Диссертация состоит из введения, описания методики эксперимента, трех глав, основных выводов и списка цитируемой литературы, включающего 227 наименований и списка обозначений и сокращений. Общий объем работы составляет 277 страниц, в том числе 202 рисунка и 45 таблиц.

**Во введении**, сформулирована актуальность темы, степень её разработанности, поставлены цели и задачи и отражена научная новизна исследований. Описаны объекты, методология и методы исследований. Приведены положения, выносимые на защиту, их апробация на различных научных конференциях, форумах и публикациях в научных журналах.

Каждая из последующих трех глав содержат литературный обзор и описание результатов экспериментов по изучению деформационного поведения при сжатии, изгибе, сдвиге и диаметральной сжатии (как при комнатной температуре, так и при температуре жидкого азота) образцов различных форм и размеров дентина, эмали и дентиноэмалевого соединения человеческого зуба, соответственно.

**В Заключение** сформулированы основные результаты исследований.

**Основное достижение** работы заключается в следующем: на основании большого объема полученных автором оригинальных экспериментальных результатов выявлены зависимости измеряемых статическим методом механических характеристик образцов от их формы и размера. Установлено, что эти зависимости обусловлены как иерархической структурой дентина и эмали, так и «фазовым» составом материала, представляющего собой сложный композит.

Установлены и описаны различные механизмы деформации, действующие при соответствующих масштабах размеров, нагрузок и схем нагружения.

Поскольку измеряемые механические параметры относятся к образцу (а не к материалу), то важно, что в работе проводится сравнение характеристик образцов дентина, эмали и дентиноэмалевого соединения, что позволило установить зависимости механических и прочностных характеристик от структурных особенностей этих компонент человеческого зуба.

Среди **достоинств** работы следует отметить четкость постановки задачи, полное обоснование её актуальности, использование современных методов анализа, построение эффективных моделей, использование соответствующих модельных материалов и современных приборов для решения поставленных задач и достижения заявленных целей.

Оценивая работу в целом, можно заключить, что диссертация выполнена на высоком экспериментальном уровне и представляет собой законченное научное исследование. Материалы диссертации изложены в четкой и ясной манере. Численные оценки находятся в хорошем соответствии с экспериментом, а ряд результатов согласуется с данными других авторов. Основные результаты диссертации прошли необходимую апробацию: они опубликованы в ведущих научных журналах, неоднократно докладывались на российских и международных конференциях. Полученные результаты имеют большое научное значение и выраженную практическую направленность. Автореферат диссертации достаточно полно и точно раскрывает содержание работы.

**Недостатки работы**, по поводу которых можно сделать замечания, заключаются в следующем:

1. Следовало более четко указать, что измеряемые механические характеристики относятся к образцам, а не к материалу, для которого они не зависят от формы и размера. Т.е. измеряются некоторые «условные» модуль Юнга, прочность, предельные упругие и пластичные деформации. Испытания на изгиб характеризуются изгибным модулем, а не Юнга, и его значения в разы выше модуля Юнга. Приведенные в диссертации значения для

дентина, как материала – модуль Юнга  $E=4,02$  ГПа, коэффициент Пуассона  $\nu=0,14$  и модуль сдвига  $G=0,64-0,56$  ГПа – не согласуются между собой ( $G=E/2(1+\nu)=1,78$  ГПа).

2. Смушает отсутствие корректуры текста диссертации. На стр. 10, 48, 49 нарушена последовательность ссылок, на стр. 45 нет ссылки на [65]. На стр. 51 со ссылкой на [82] написано «Показано, что гидрирование ....», хотя речь идет о гидратации в работе [81]. Часто встречается неправильное употребление слова аттестация (аттестация поверхности, аттестация микроструктур, аттестация роста трещин и т.п.; правильно – характеристика). Орфографические ошибки, произвольно расставленные запятые, неудачные формулировки – все эти погрешности перенесены и в автореферат. Таблица 4 в автореферате озаглавлена «Механические свойства дентина при сдвиге», хотя относится к механическим свойствам эмали.

Указанные замечания, тем не менее, не изменяют общую положительную оценку диссертации.

Представленные результаты исследований Зайцева Дмитрия Викторовича характеризуют его, как квалифицированного ученого. Его диссертационная работа, «Физические механизмы деформации и разрушения в материалах с развитой иерархической структурой. Дентин и эмаль зубов», представляет глубокое научное исследование, новизна и достоверность которого не вызывает сомнений. По объему, научному вкладу и форме представления полученных результатов, работа соответствует всем требованиям, предъявляемым Постановлением правительства РФ «О порядке присуждения ученых степеней» №842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор достоин присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07. – физика конденсированного состояния.

Директор ФГБНУ «Технологический институт  
сверхтвердых и новых углеродных материалов»,  
доктор физико-математических наук, профессор,

В.Д. Бланк

04 апреля 2016 г.

ФГБНУ «Технологический институт  
сверхтвердых и новых углеродных материалов»,  
Центральная д. 7а, Москва, Троицк,  
142190, Россия  
Тел. +7 499 272 23 13  
e-mail: vblank@tisnum.ru

Подпись В.Д. Бланка  
ЗАВЕРЯЮ

Начальник отдела по кадрам  
и режиму

Голышева Г.В.

«05» апреля 2016г.