

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ТВЕРДЫХ ТКАНЕЙ ЗУБА
ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПОВЫШЕННОЙ СТИРАЕМОСТИ ПО ДАННЫМ АТОМНОЙ
СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ**

С.Л. Вотяков, Г.И. Ронь, Ю.В. Мандра, Е.И. Шишкин, В.Я. Шур, Д.В. Киселева

В последние годы в стоматологии сделан глубокий технологический прорыв по разделу заболеваний полости рта, существенно расширен круг используемых технологий, оборудова-

ния и материалов. Однако не все технологии и материалы приемлемы в работе; это связано с их негативным влиянием как на твердые ткани зубов, так и на мягкие ткани полости рта (токсические, аллергические реакции), пониженной резистентностью твердых тканей зубов, их повышенной стираемостью (абразией) во многих регионах России из-за неблагоприятной экологической обстановки (последнее особенно характерно для уральского региона). Основным направлением коррекции повышенной стираемости является замещение убыли твердых тканей зуба терапевтическими или ортопедическими методами. Технология использования современных пломбировочных материалов предусматривает обработку тканей зуба активными химическими веществами. Процессы, происходящие при этом в эмали и дентине на микроэлементном уровне при повышенной стираемости, остаются на сегодняшний день практически неизученными.

Микропримесный состав эмали и дентина не является единственным фактором, фиксирующим патологические процессы повышенной стираемости; важную диагностическую роль играют при этом микроструктура и топология поверхности. Микростроение минеральной компоненты твердых тканей зуба влияет как на силу сцепления между пломбировочным материалом и зубом, так и на биохимические процессы в эмали и дентине. При этом де- и реминерализация тканей зуба, наблюдающиеся после наложения стеклоиономерного цемента или композиционного материала существенно сказываются на долговечности пломбы, хорошей маргинальной адаптации, соответствии реставрационной работы клиническим и эстетическим оценочным критериям. Изучение количественных и качественных показателей микро- и наноструктуры поверхности твердых тканей зубов в настоящее время особенно актуально в связи с совершенствованием методик пломбирования, появлением нанонаполненных адгезивных систем и композиционных материалов (ADPER Single bond 2 – Filtek Supreme XT//3M ESPE, Prime&Bond NT – EstetX Improved//Dentsply), способных взаимодействовать с тканями зуба, встраиваться в их структуру на наноуровне (так называемый «процесс гибридации»). Большое число публикаций посвящено исследованиям микроструктуры зубной ткани с использованием электронной микроскопии (см. например обзорную работу [Jones, 2001]).

Напротив, новейший метод атомно-силовой микроскопии [Бахтизин, 2000] для подобных исследований практически не востребован.

Цель работы – отработка методики исследования с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) структуры биоминеральной компоненты твердых тканей зуба человека: топологии и рельефа поверхности, пространственного распределения коэффициента трения, локальных механических и адгезионных свойств, а также их вариаций у зубов, затронутых патологическими процессами – склерозированием дентина и повышенной стираемостью («абразией»), для пациентов, проживающих в неблагоприятной экологической обстановке на Урале.

Материал для исследования – 16 зубов: интактных (здоровых), удаленных по ортодонтическим показаниям, и больных, имеющих проявления абразии. Исследованные зубы с учетом состояния твердых тканей были разделены на 3 группы: интактные фронтальные зубы и резцы с проявлениями повышенной стираемости первой и второй степени. Свежеудаленные зубы лиц обоего пола, различного возраста, тщательно очищали от мягких тканей, зубного налета, камня. Исследовалась поверхность продольных шлифов зубов (толщиной 1-1,5 мм), полученных с использованием низкоскоростного наконечника бормашины и алмазного сепарационного диска; для шлифовки применялись гибкие абразивные диски. В интактных зубах выделялись фракции поверхностного, плащевого и околопульпарного дентина; в зубах с повышенной стираемостью – фракции поверхностного склерозированного, плащевого и околопульпарного дентина.

Типичные данные, полученные с помощью оптического и атомно-силового микроскопа Explorer™ (фирмы ThermoMicroscopes), представлены на рис. 1 и 2.

Интактный зуб (рис. 1а, в-д, рис. 2а, б). Дентин построен из основного вещества (коллагеновые фибриллы, гидроксипатит и другие фосфатные минералы кальция, склеивающее вещество – гиалуроновая кислота, гликозаминогликаны) с проходящими в нем трубочками, в которых расположены отростки одонтобластов и окончания нервных волокон, проникающих из пульпы. Межканальцевое вещество наиболее высокоминерализовано, имеет высокую плотность и значительную твердость. Дентинные трубочки начинаются от внутренней поверхности дентина и доходят до эмалево-дентинной границы. В дентине тру-

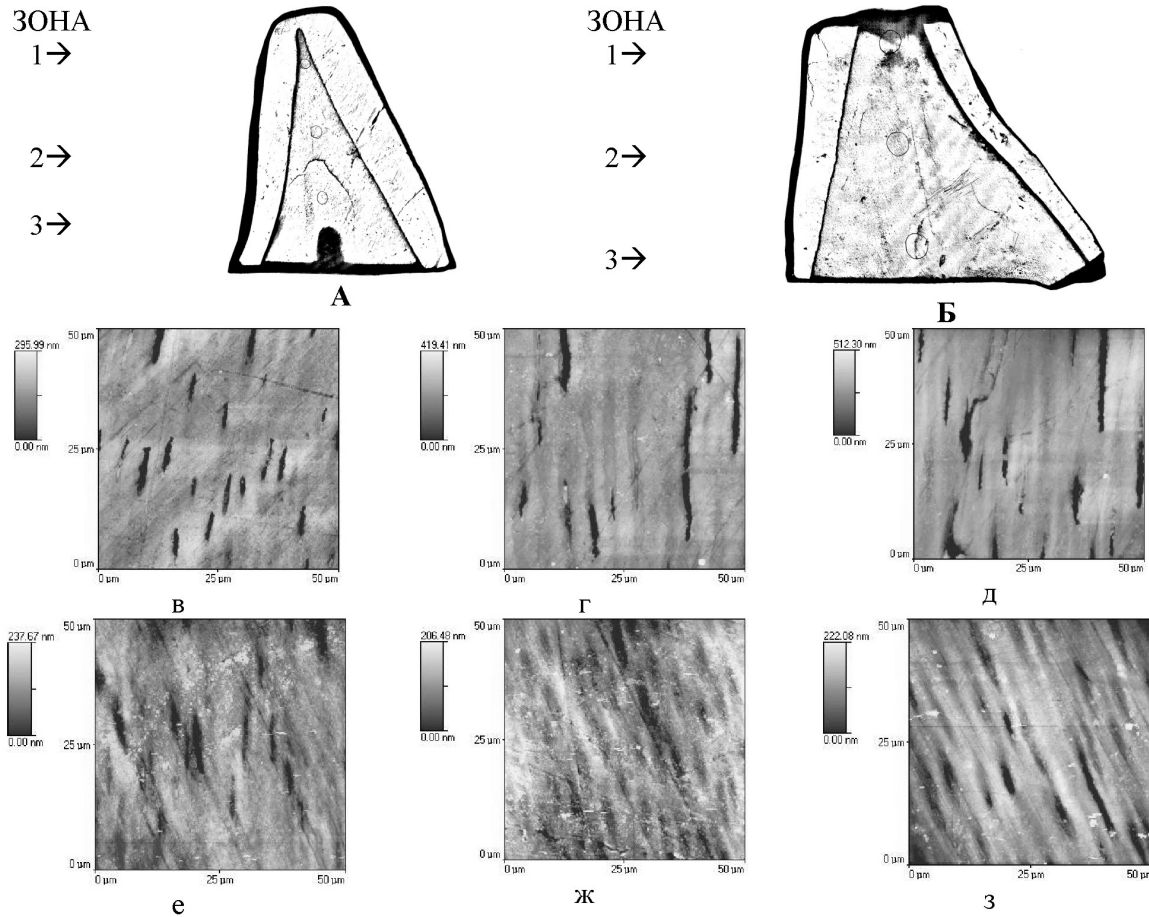


Рис. 1. Топография поверхности, полученная на оптическом (А,Б) и атомно-силовом микроскопе (В-З) для двух зубов – intactного резца (А,В-Д, зоны 1-3, соответственно) и резца с проявлениями стираемости второй степени (Б,Е-З, зоны 1-3, соответственно).

бочки распределены неравномерно. Во всех зубах наибольшее количество трубочек – в зоне, прилежащей к пульпе (околопульпарный дентин), а по мере удаления от пульпы их количество уменьшается. По дентинным трубочкам циркулирует дентинная жидкость, и поступают питательные вещества к твердым тканям зуба. Максимальный диаметр и количество трубочек – в околопульпарном дентине (зона 3), минимальные значения – в поверхностных слоях дентина (зона 1). В промежуточном слое плащевого дентина – диаметр трубочек больше, чем в поверхностной зоне, но их количество меньше, чем в глубоком дентине. Поверхность дентина имеет неровные очертания вследствие выпуклостей и кратерообразных впадин. Устья трубочек, как правило, в центре этих впадин. Стенки дентинных трубочек неровные, что обусловлено выступанием отдельных кристаллитов в их просвет, а также микропорами в стенках, служащими для обмена между трубочкой и межка-

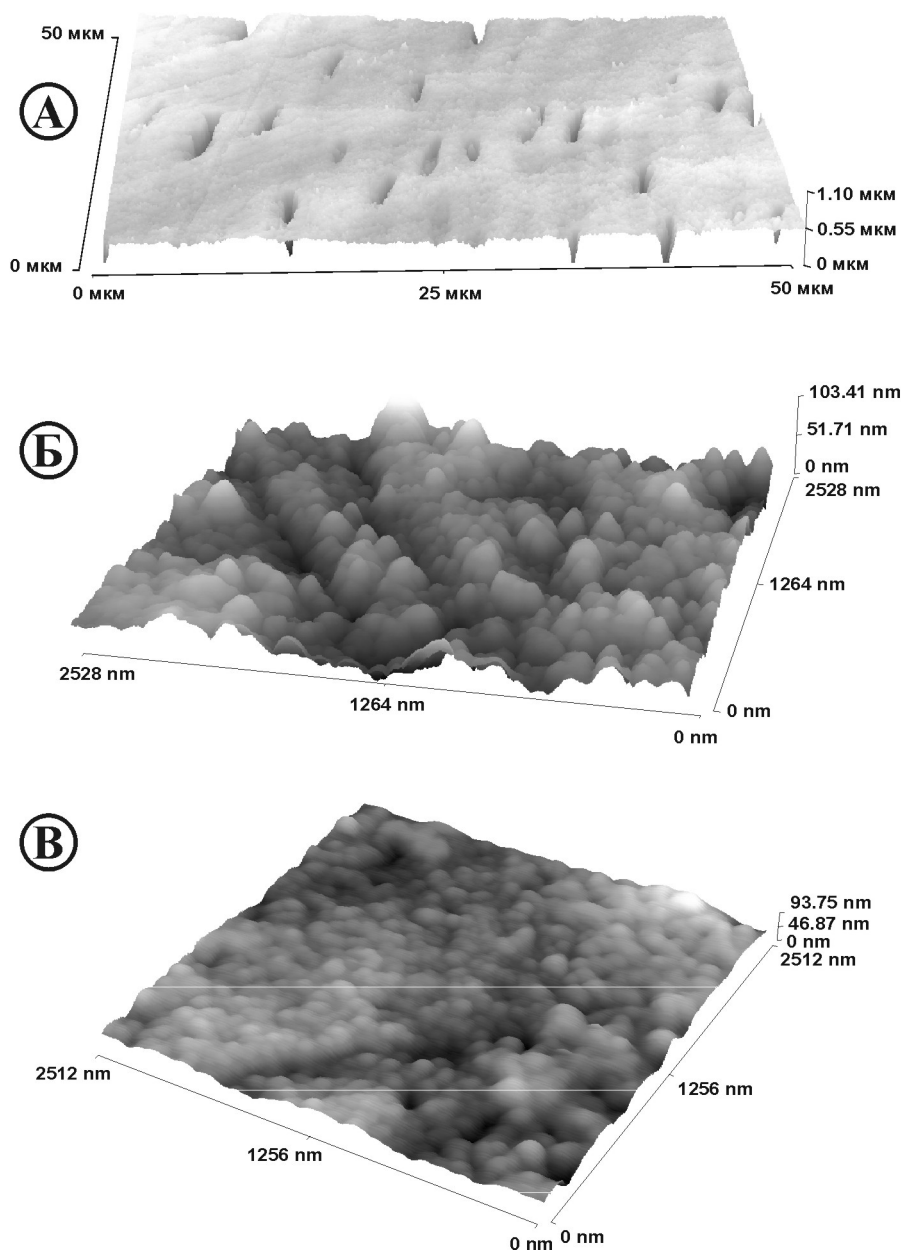
нальцевой зоной. По ходу трубочки имеются ответвления меньшего диаметра. В intactных зубах диаметр трубочек составляет от 0,5-1,0 до 2,0-2,5 мкм, а ширина межканальцевой зоны 4-8 мкм.

Зуб с проявлениями повышенной стираемости (рис 1.б,е-з, рис. 2в). Диаметр трубочек и их количество меньше как в поверхностном, так и в среднем слое дентина. Нечетко выражена ориентация трубочек, поверхность имеет уплощенный сглаженный рельеф. Однородность структуры дентина связана, вероятнее всего, с включениями инородных минералов, пигментов из полости рта через обнаженную поверхность дентина в фасетке стирания, а также защитной функцией пульпы и активизацией синтеза заместительного (иррегулярного) дентина. Просвет поверхностных канальцев при этом уменьшается или даже полностью облитерируется. Расширяются зоны гиперминерализации вокруг дентинных трубочек, связанные с плотным расположени-

Рис. 2. Объемное изображение поверхности, полученное на атомно-силовом микроскопе для двух зубов – intactного резца (А, Б, зона 3) и резца с проявлениями стираемости второй степени (В, зона 3).

ем минеральных кристаллов и глобул. При этом, по литературным данным, увеличивается микротвердость поверхностного слоя. В более глубоких слоях дентина патологические изменения менее выражены. Строение дентина в зубе с проявлениями повышенной стираемости напоминает 2 и 3 слоя здорового дентина, однако просвет дентинных трубочек все же несколько меньше.

Таким образом, на основе отработанной методики впервые получены АСМ изображения поверхности твердых тканей зубов, затронутых патологическими процессами – склерозированием дентина и абразией, у пациентов, проживающих в различных экологических обстановках на Урале. Показано, что топология и рельеф поверхности, пространственное распределение коэффициента трения, локальные механические и адгезионные свойства поверхности intactных и больных зубов, имеющих проявления повышенной стираемости, существенно различны. Значительные изменения структуры твердых тканей зубов при абразии требуют составления комплексного плана лечения, применения современных методов реставрации дефектов, а также тщательного выбора пломбирочных материалов.



Работа выполнена в рамках программы Президиума Российской академии наук «Фундаментальные науки – медицине», а также при финансовой поддержке по проекту № 60 конкурса молодых ученых и аспирантов УрО РАН.

Список литературы

- Бахтизин Р.З. Сканирующая туннельная микроскопия – новый метод исследования поверхности твердых тел // Соросовский образовательный журнал. 2000. Т.6. № 1. С. 83-89.
- Jones F.H. Teeth and bones: application of surface science to dental material and related biomaterials // Surface science reports. 2001. V. 42. P. 75-205.