

# Особенности исследования поверхности зубов при помощи атомно-силовой микроскопии

А.И. Скоробогатова, Т.Д. Котенева

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

## Аннотация

В настоящее время одним из эффективных методов исследования свойств поверхностей физических объектов на наноуровне является атомно-силовая микроскопия (АСМ). Данный метод позволяет получить наглядные изображения исследуемых поверхностей, для объективного анализа которых была создана методика, которая позволила выявить общие закономерности в структуре поверхностей эмали различных типов зубов.

## Подготовка образцов перед сканированием



Поверхность интактных зубов очищалась от органических остатков, образец срезался с тыльной стороны зубоучастным инструментом, оставив слой толщиной 0.5 см. Затем исследуемый образец помещался в физ. раствор и хранился в нем в течение 3-10 суток. Непосредственно перед исследованием образцы продувались сжатым воздухом.

Рисунок 1. Примеры исследуемых интактных зубов (резца (а) и моляра (б))

## Проведение исследований при помощи АСМ

АСМ-исследование поверхности зубов 12-ти интактных зубов (6 резцов и 6 моляров) было проведено с помощью микроскопа Curtus в нескольких точках. Изображения поверхности были получены с разрешениями (100x100, 50x50, 25x25, 10x10 и 5x5 мкм). Примеры полученных изображений поверхности резца и моляра, изображенных на рис.1 (в точке 1) представлены на рис. 2 и 3.

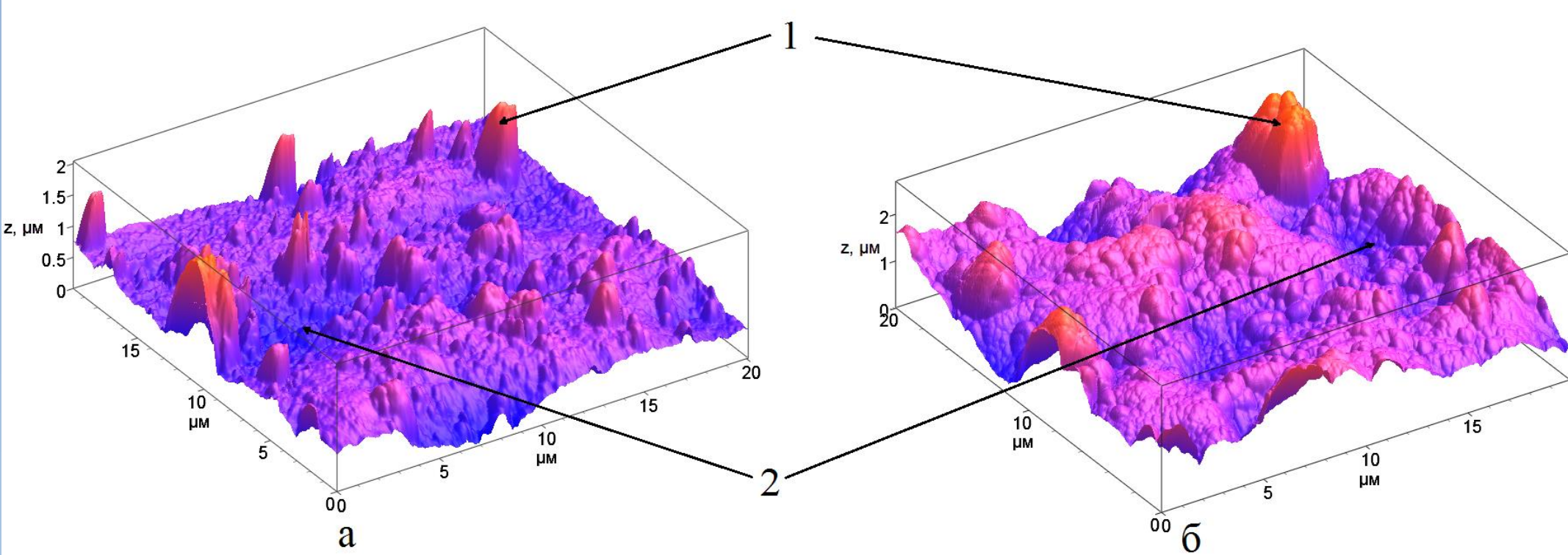


Рисунок 2. 3D изображение поверхности резца (а) и моляра (б)

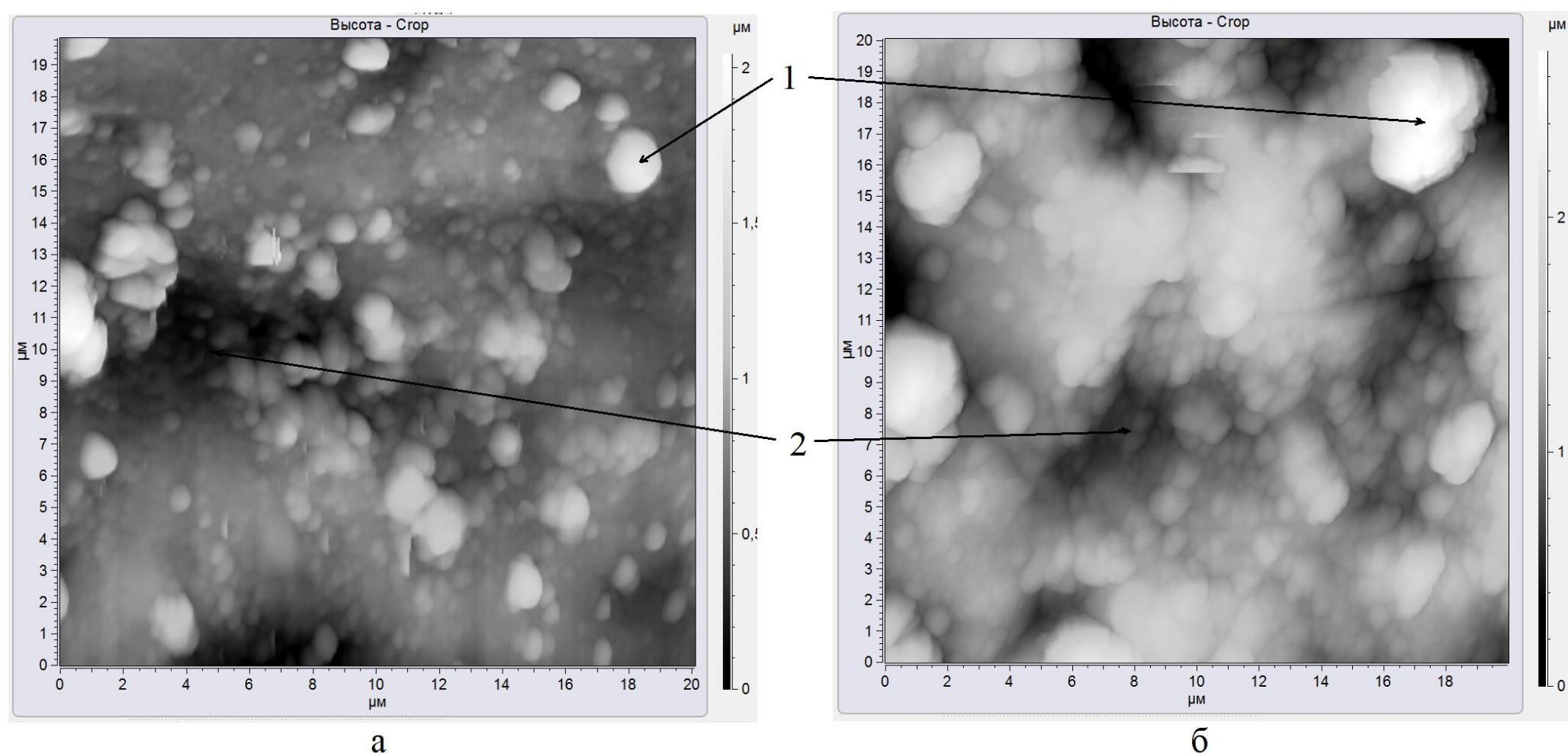


Рисунок 3. Изображение высот поверхности резца (а) и моляра (б)

Визуальный анализ полученных результатов показывает, что поверхность эмали большинства зубов – гладкая, с малыми неоднородностями порядка (30 – 70 нм), на всех исследованных поверхностях наблюдаются крупные неоднородности: впадины, линейные размеры которых составляют от 200 нм до 5 мкм (1 на рис.2 и рис.3) и крупные наросты, являющиеся сростками кристаллов гидроксиапатита с размерами от 1 до 5 мкм (2 на рис.2 и рис.3). Сравнение полученных результатов показывает, что поверхность моляра отличается от резца большими в несколько раз размерами крупных неоднородностей.

Подобная визуальная оценка является весьма субъективной. Для того чтобы оценить параметры этих поверхностей количественно, необходимо провести математическую обработку результатов сканирования.

## Предложенная методика обработки

Оценка особенностей структуры поверхности, полученной при помощи АСМ, производится в программе Gwyddion. Для нашей методики использовалась одномерная статистическая функция распределения высот. Данное распределение рассчитывается как нормированная гистограмма значений высоты (количество точек скана, находящихся на определенной высоте от средней плоскости). Подобное представление позволяет объективно оценить размеры неоднородностей поверхности и вероятность их появления. Пример распределения приведен на рис.4.

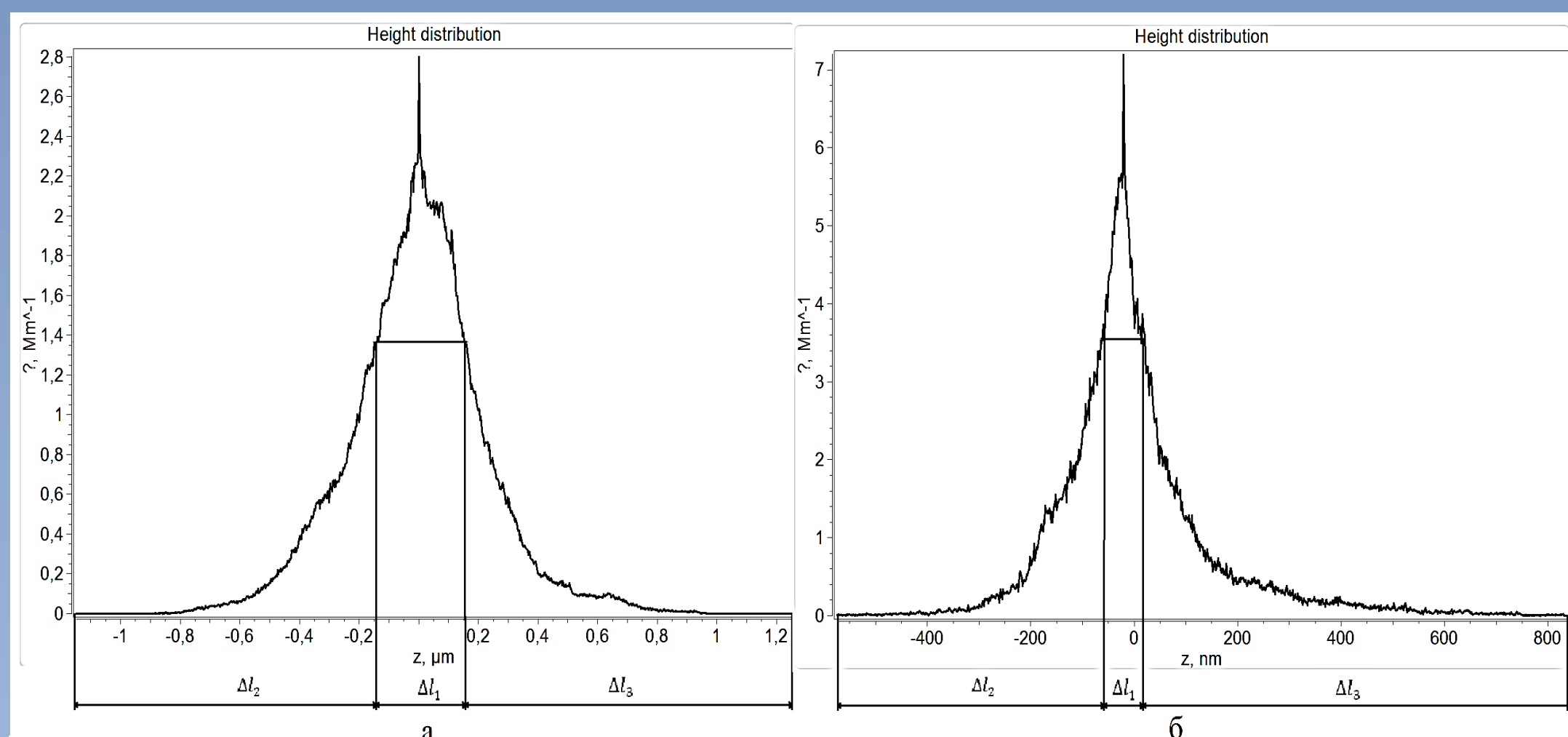


Рисунок 4. Распределение высот поверхностей моляра (а) и резца (б)

Анализ распределения высот позволяет получить количественные параметры поверхности. В зависимости от расположения неоднородностей относительно средней плоскости на графиках, условно можно выделить 3 области:  $\Delta l_2$  – область, которая описывает распределение неоднородностей по глубине,  $\Delta l_1$  – область основного количества неровностей поверхности и  $\Delta l_3$  – область неровностей по высоте. Для поверхности моляра характерные неровности достигают 800 нм по глубине и 1 мкм по высоте, для поверхности резца – 400 нм по глубине и 700 нм по высоте. Для моляра (рис.4 а)  $\Delta l_1=280$  нм, а для резца (рис.4 б) –  $\Delta l_1=70$  нм, из чего можно сделать вывод, что размер крупных компонентов моляра значительно больше размера крупных компонентов резца.

## Выводы

- 1.Предложена методика оценки неоднородностей АСМ изображений поверхности.
- 2.Предложенная методика позволяет объективно оценивать полученные изображения, о чем свидетельствует сравнение результатов визуального анализа и распределений высот.
- 3.Структура поверхности эмали зубов !!! (резец и моляр) существенно отличаются друг от друга.

Сделано в УНП «Импульсные технологии»