

**Экспериментально-
теоретические исследования в
КБГУ с применением СЗМ
Solver-Pro**

Г.В.Дедков

Нальчик, 29 марта 2006



Основные достижения, диссертации

- **Кясов А.А. дис. доктора наук, 2004**
(Флуктуационно-электромагнитное взаимодействие движущихся тел)

- **Дедкова Е.Г. дис. канд. наук, 2008**

Контактная атомно-силовая спектроскопия металлических пленок и диэлектрических материалов)

- **Канаметов А.А. дис. канд. наук, 2010**

Электростатическое и ван-дер-ваальсово взаимодействие зондов атомно-силового микроскопа с поверхностями)

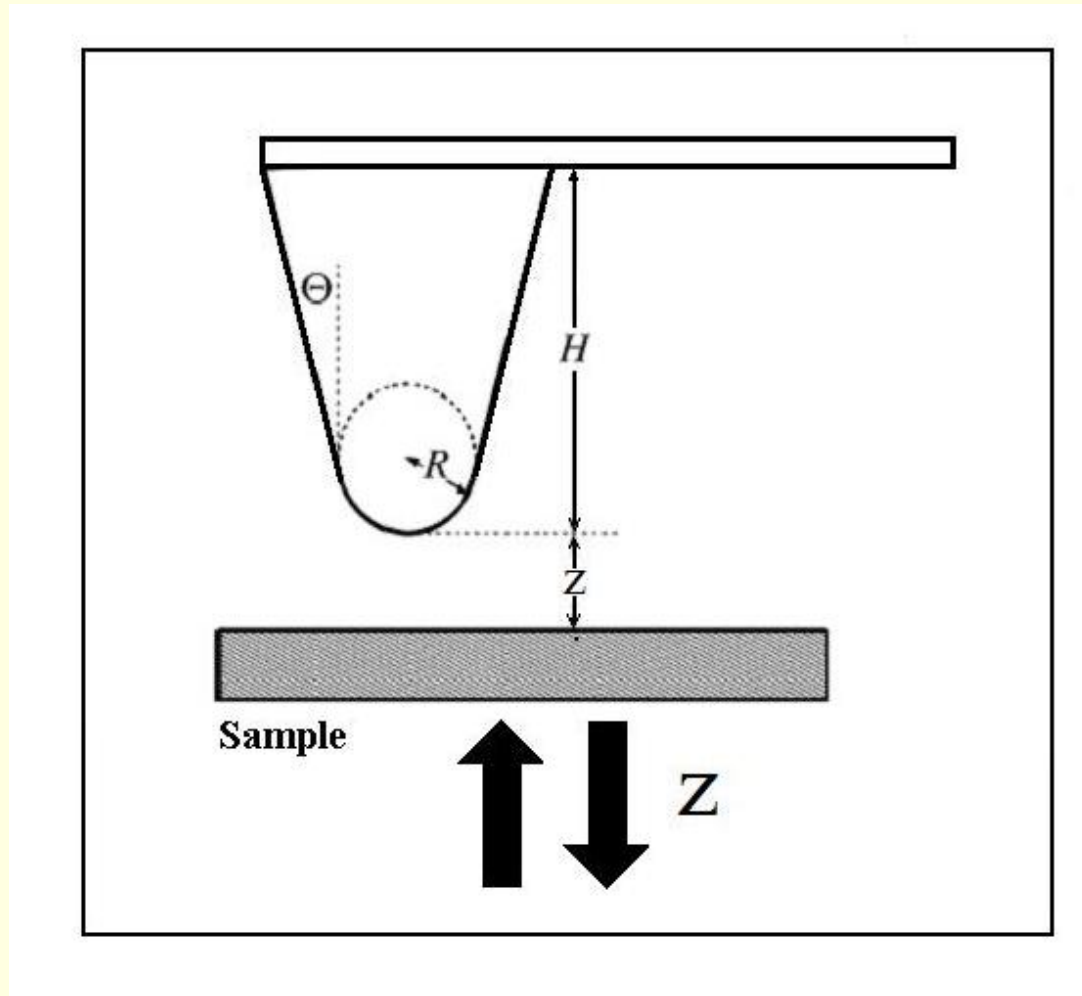
Основные достижения, статьи

- **Г.В.Дедков, А.А.Кясов**
Флуктуационно-электромагнитное
взаимодействие в условиях
динамической и тепловой
неравновесности, УФН, №6, 2017

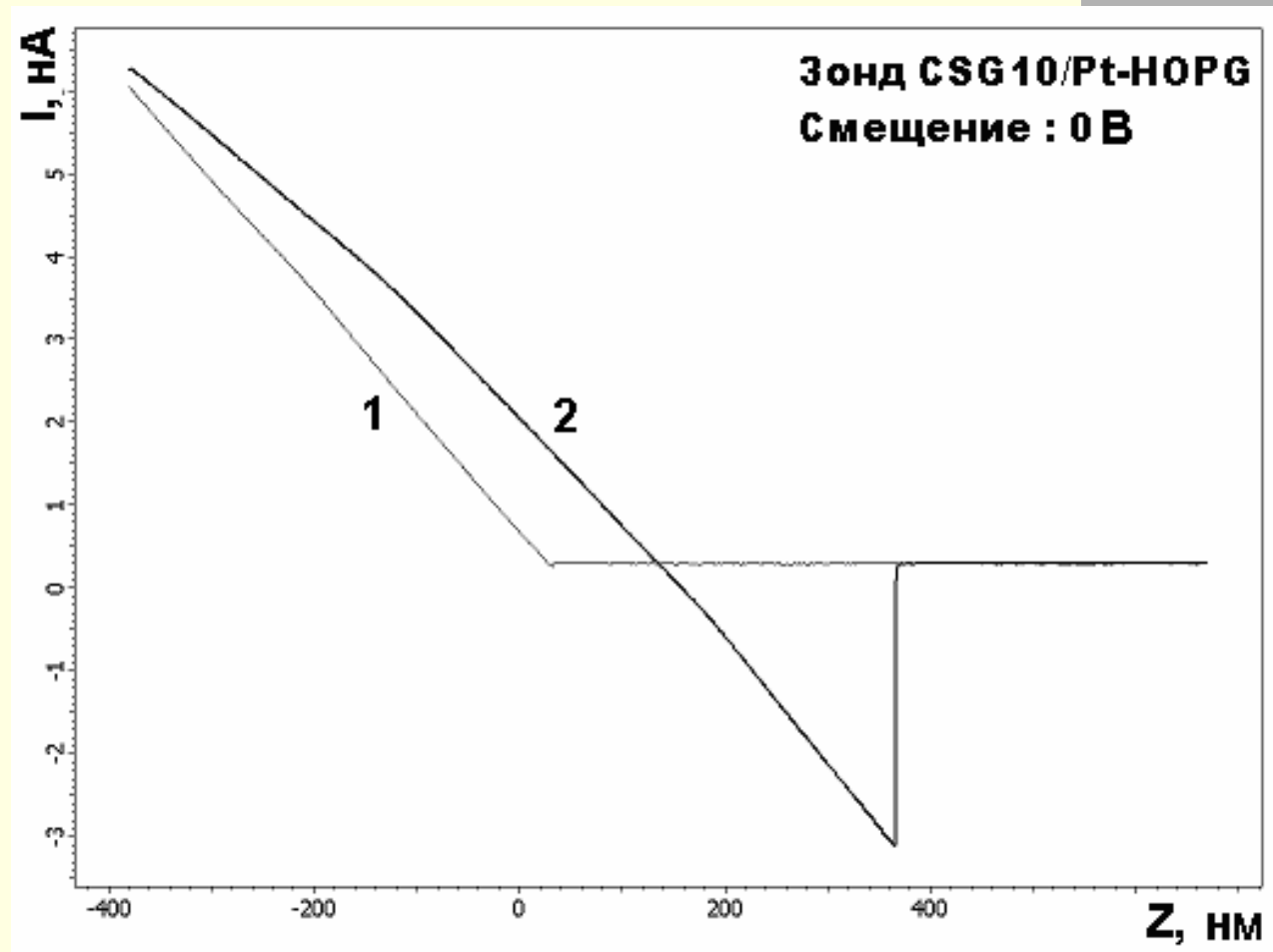
Некоторые темы с применением микроскопа Solver-Pro

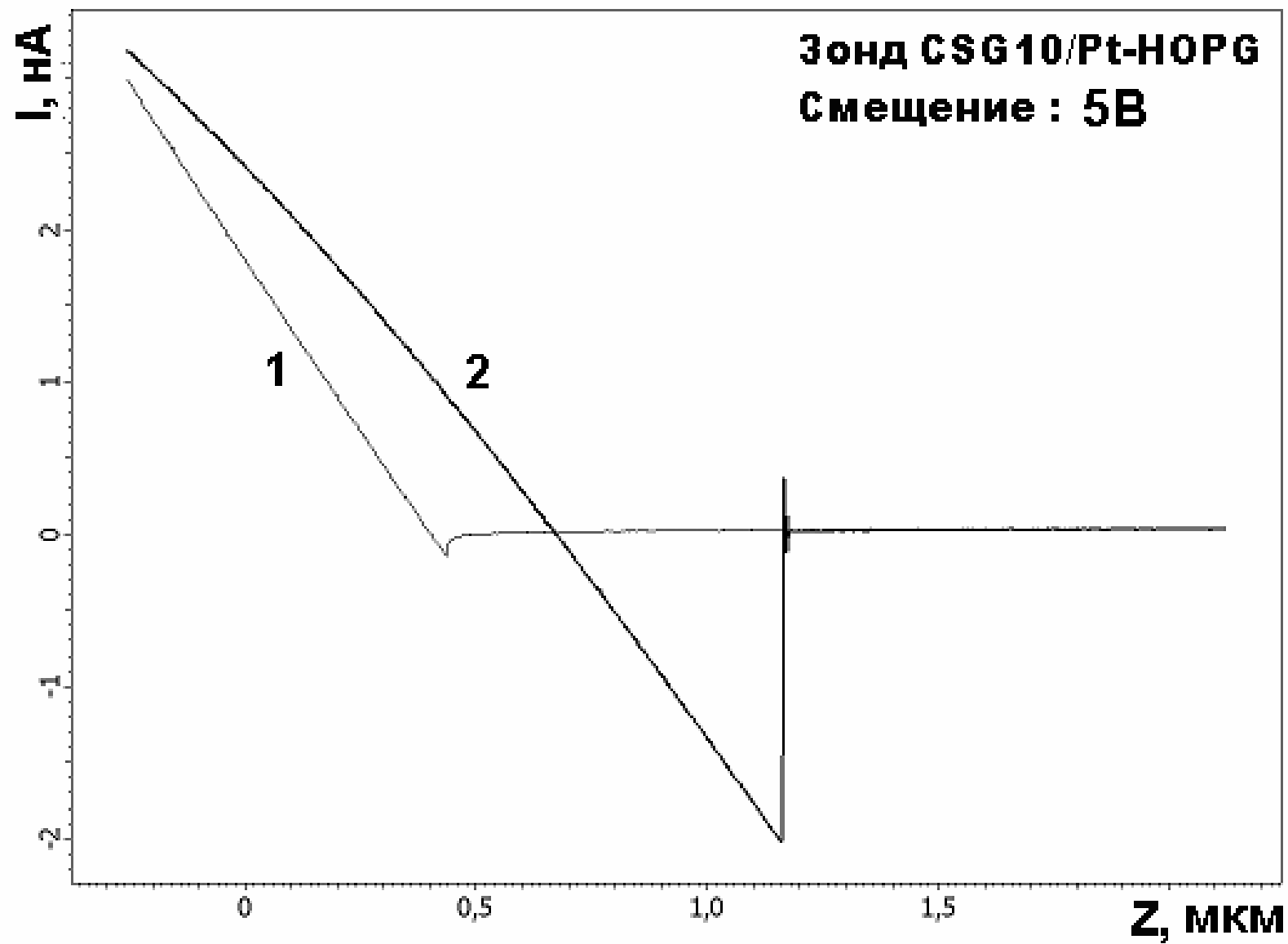
- **Прямое измерение ван-дер-Ваальсовых и электростатических сил**
- **Калибровка жесткостей и геометрических размеров зондов по измерениям ван-дер-Ваальсовых и электростатических сил**
- **Определение модулей упругости металлических пленок**
- **Силовая спектроскопия и топография онкологических тканей и эритроцитов**

Схема измерений бесконтактных сил

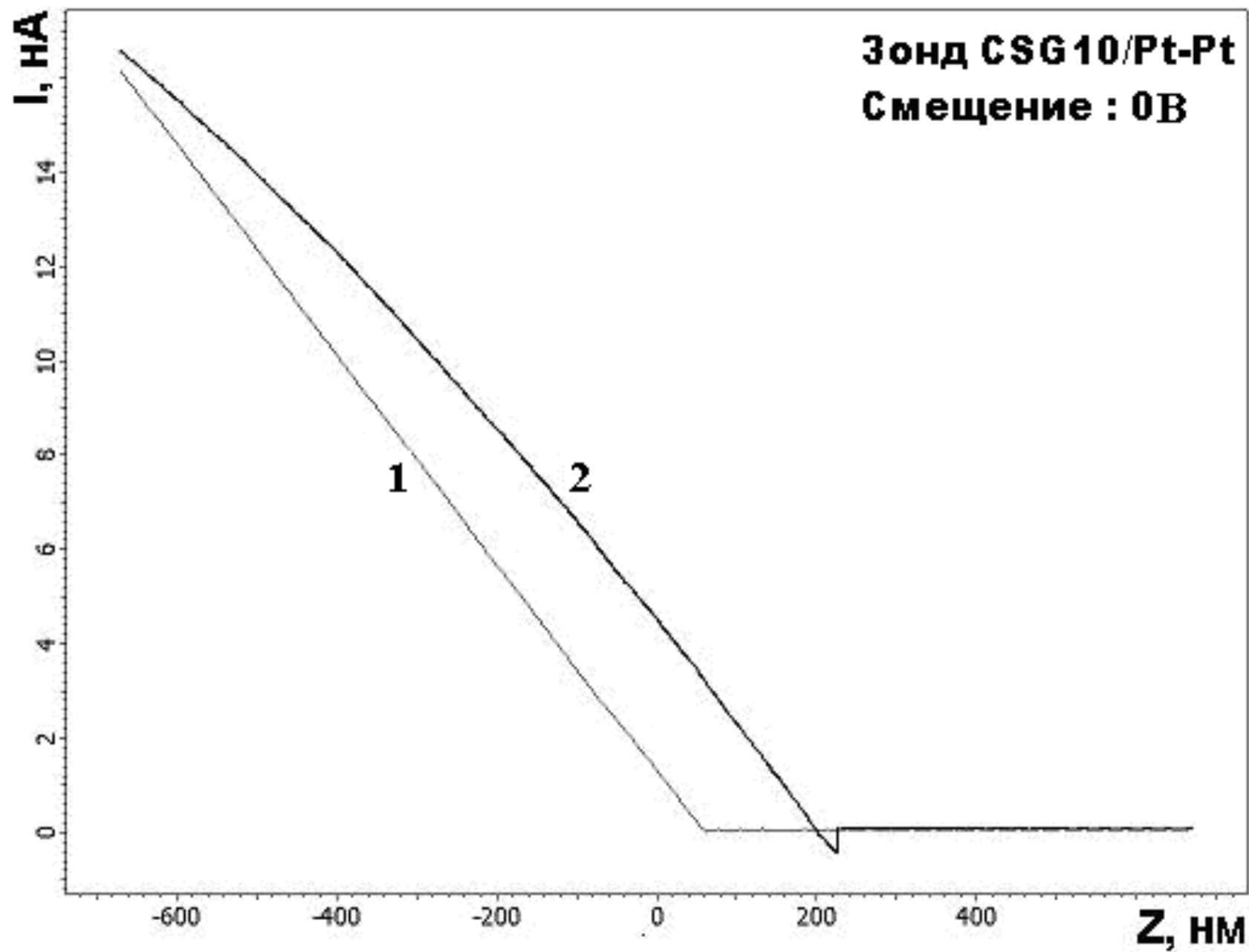


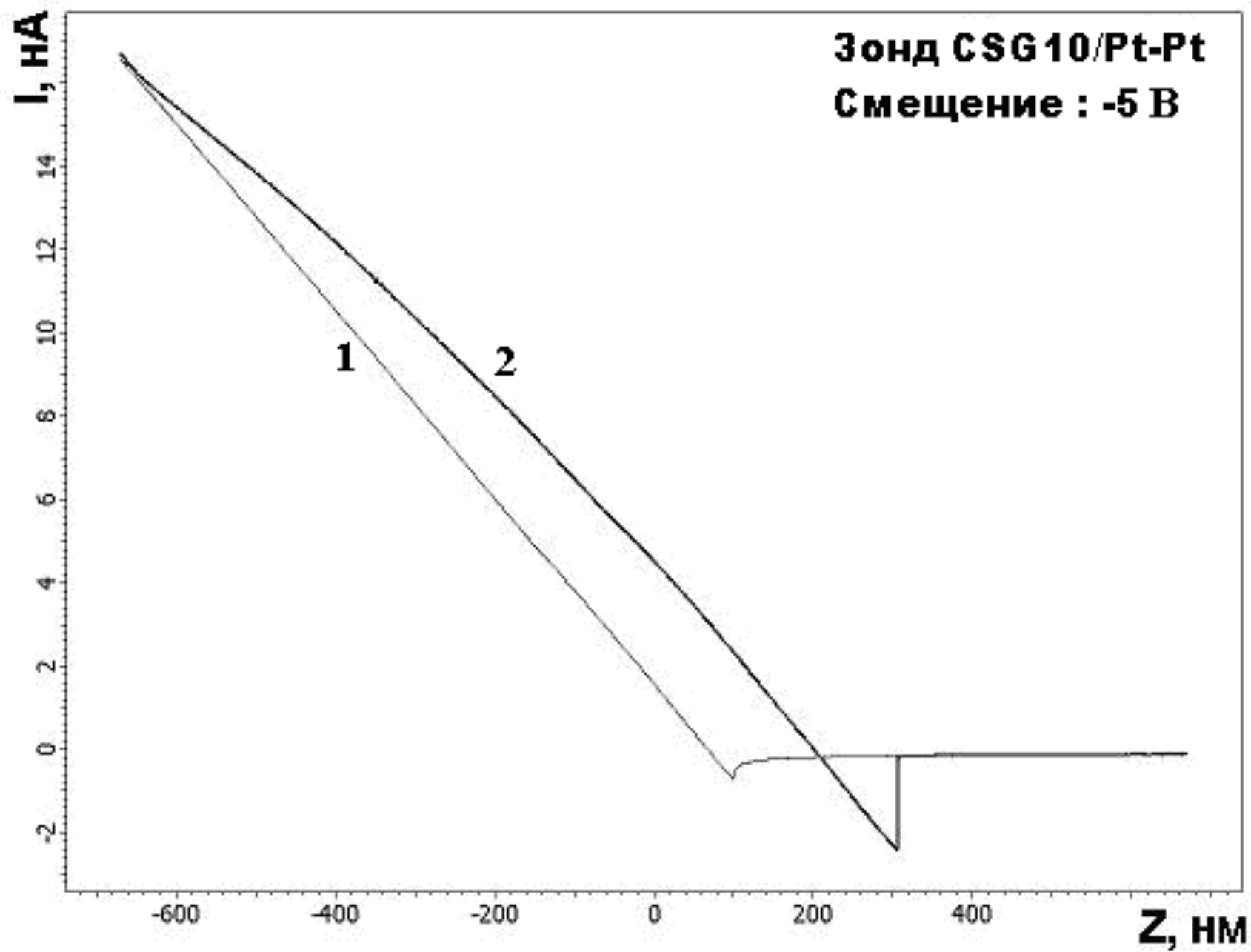
Тестовая кривая подвода –отвода зонда CSG10/Pt к поверхности пиролитического графита, паспортная жесткость зонда 0.03-0.2 Н/м



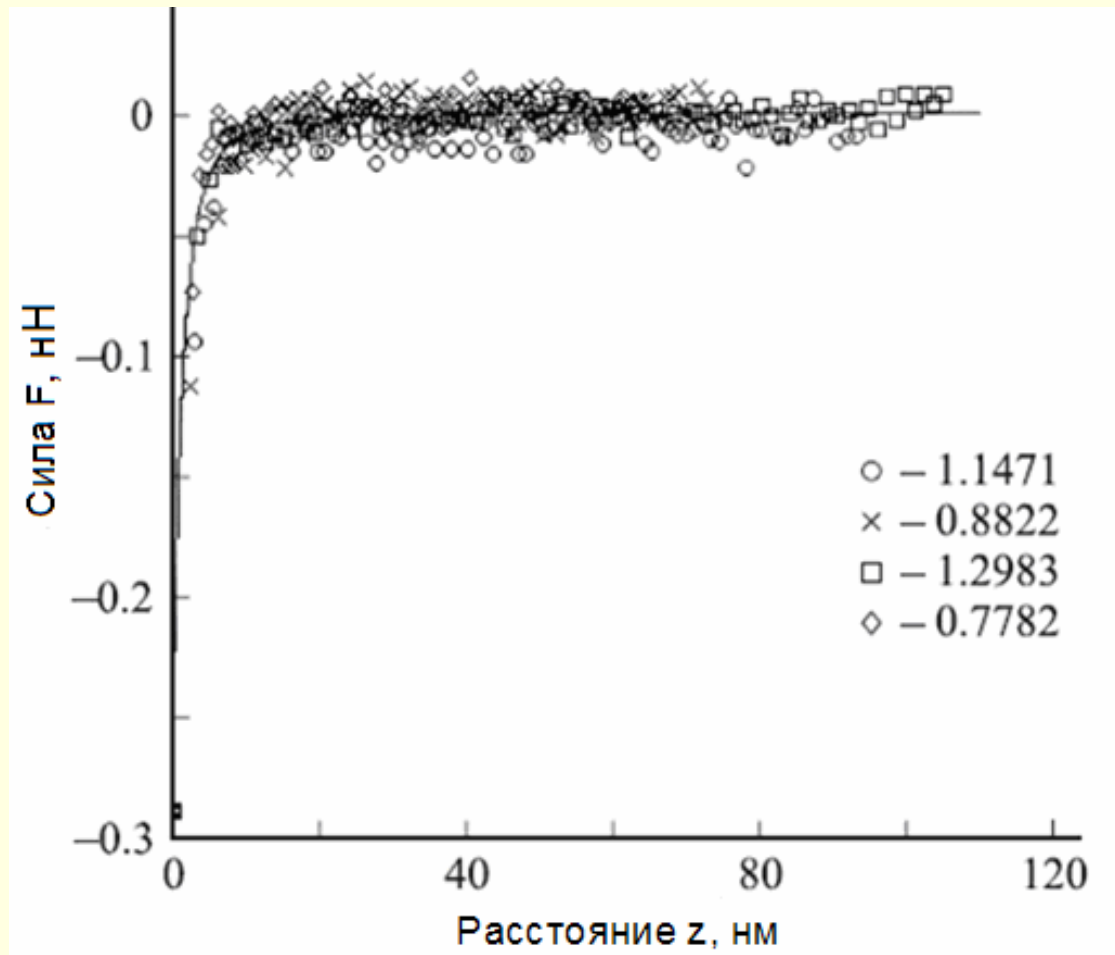


Зонд CSG10/Pt-Pt
Смещение : 0В

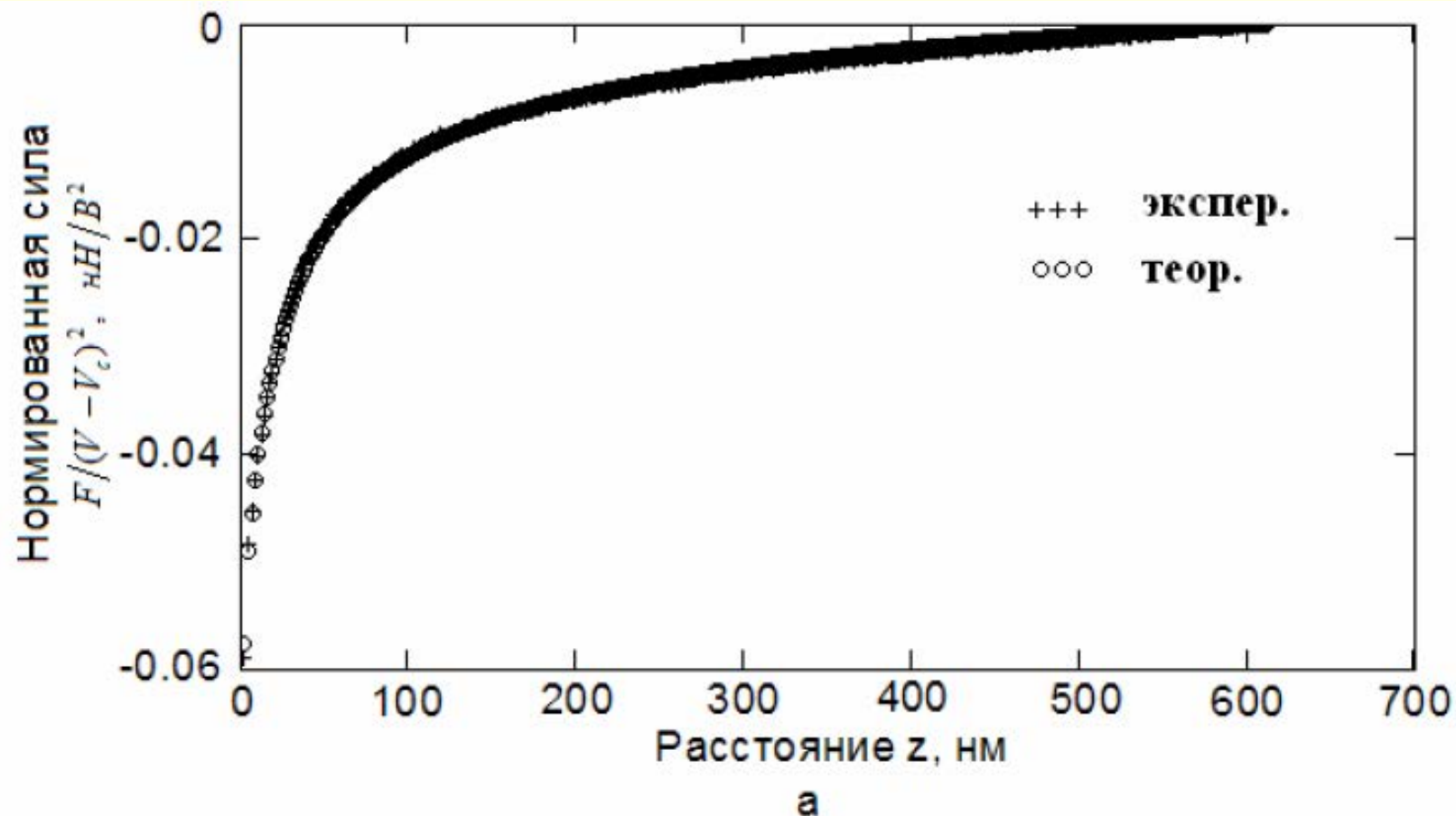




Измеренные (символы) и вычисленные (сплошная линия) силы Ван-дер-Ваальса между зондом CSG10/Pt и поверхностью графита. На вставке – символы, соответствующие разному шагу силовой спектроскопии, δZ (нм)



Электростатическая сила в контакте зонда CSG10/Pt с поверхностью Au



Установочные параметры сканирования, определяющие силовые кривые

- минимальное расстояние, на которое пьезосканер приблизит образец к зонду, и максимальное расстояние, на которое сканер отодвинет образец от зонда
- время проведения одного сеанса спектроскопии (1-5 с)
- число точек на кривой, соответствующее числу значений аргумента Z , в которых измеряется ток фотодиода
- число точек спектроскопии внутри заданного кадра участка поверхности
- максимальная величина фототока, т. е. максимальная сила прижатия зонда к образцу.

ПРОБЛЕМЫ МИКРОСКОПА

- Низкая статистика данных на силовых кривых подвода в области предконтакта
- Недостаточно широкий интервал регулировки шага силовой спектроскопии

Нерешенная экспериментальная задача

- **Вклад плоской части балки кантилевера в электростатическую силу и контроль этой силы**

ВЫВОД:

- Шаг спектроскопии по Z определяется отношением интервала изменения ΔZ к количеству точек измерения, но разрешение АЦП не позволяет слишком сильно уменьшать шаг спектроскопии δZ , т. к. система перестает работать оптимальным образом. Если же увеличить общий интервал ΔZ , то на область вхождения в контакт приходится мало точек. При этом статистика изменяется и в пределах одного кадра, и по разным участкам поверхности образца

Рис. 1. АСМ-изображение участка опухолевой ткани из эпителия желудка человека в топографической моде.

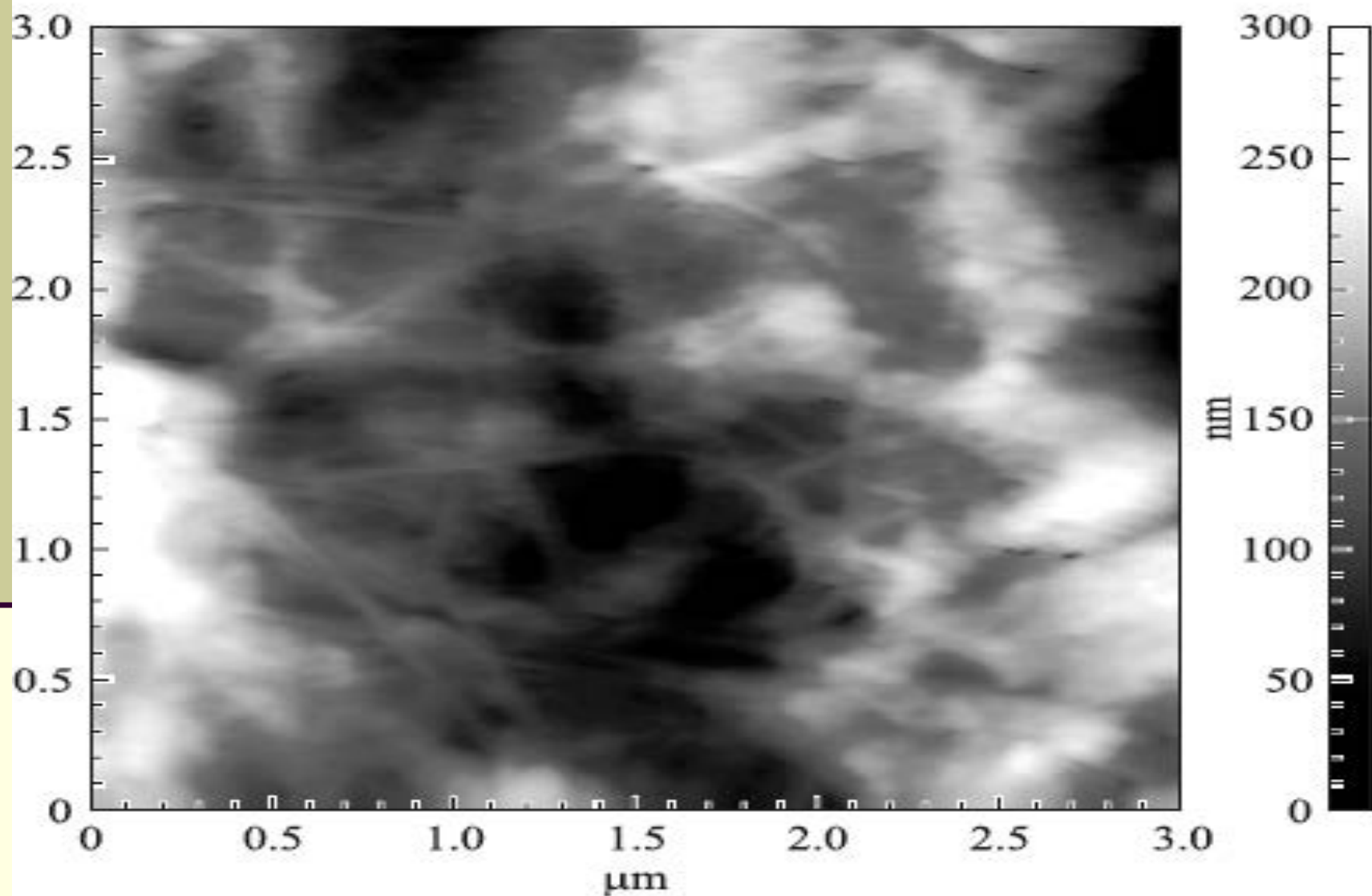


Рис. 2. Суммарная статистика адгезионных сил для нормальной ткани эпителия желудка человека. Для перевода значений фототока в pN данные оси абсцисс надо умножить на коэффициент 1.25 pN/nA.

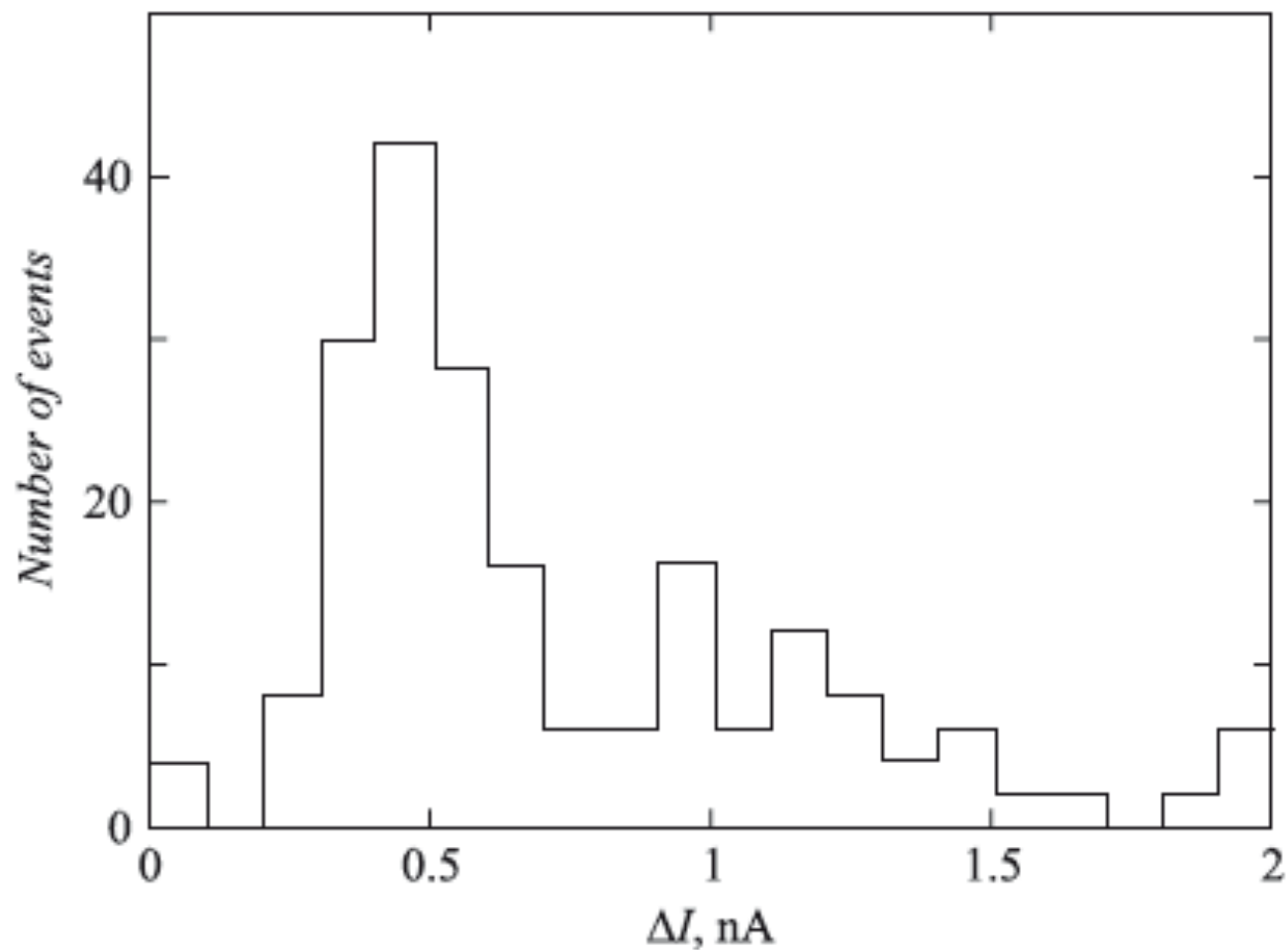
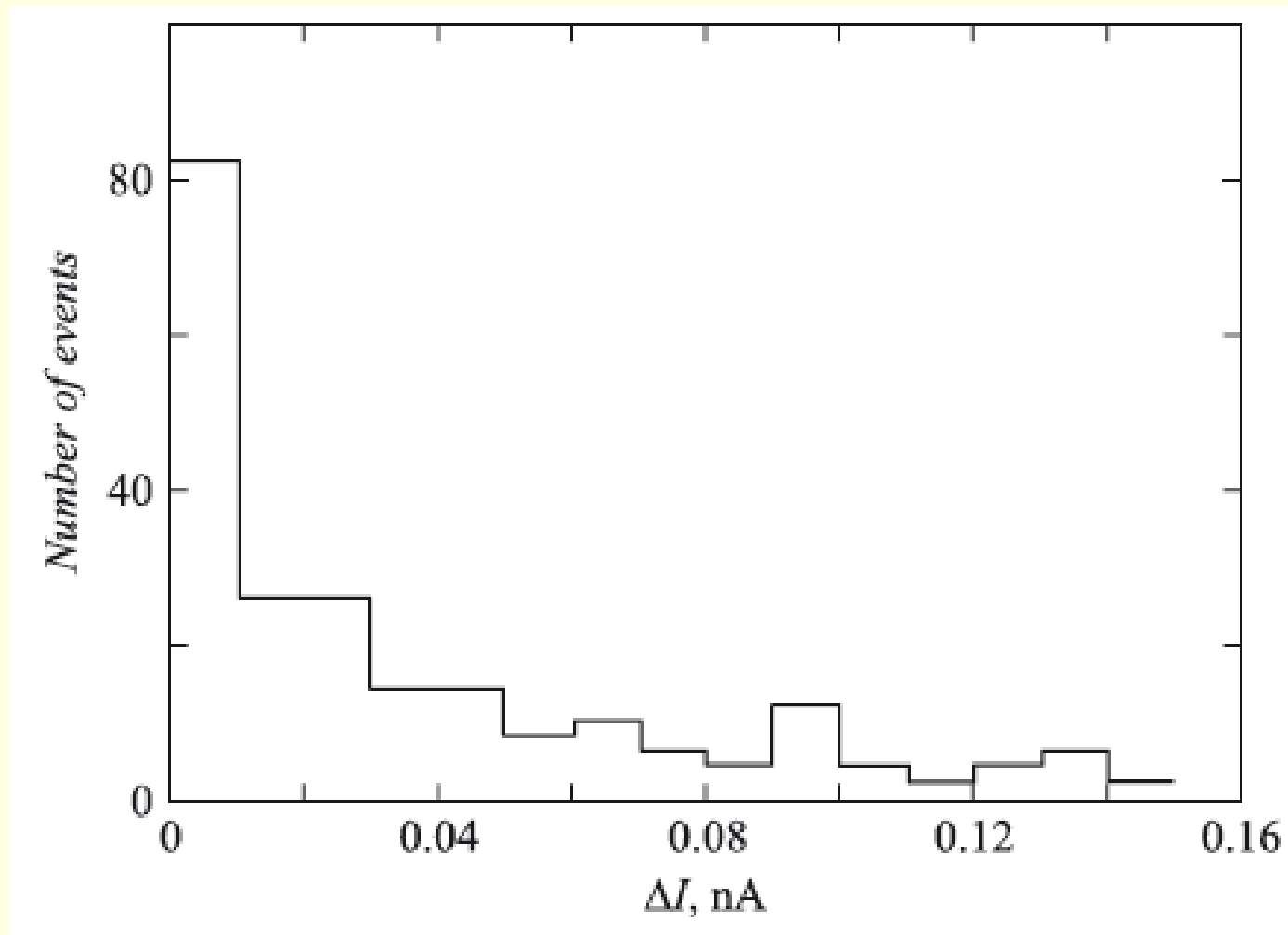


Рис. 3. То же, что на рис. 2 для опухолевых тканей. Коэффициент перевода в силу адгезии равен 1.38 nN/nA.



Характеристики тканей

Результаты измерений

Образец	$\langle \Delta I \rangle$, пА	$\langle \Delta F_a \rangle$, пН	k_s , Н/м
нормальный	0.77	0.96	0.03
$T_{2-3}N_xM_x$	0.063	0.087	0.002
$T_3N_xM_0$	0.06	0.083	0.002
$T_3N_xM_1$	0.038	0.052	—
$T_4N_3M_1$	0.042	0.058	—

ВЫВОДЫ:

- 1. Процесс агглютинации раковых клеток, увеличивающих их взаимную адгезию, сопровождается ее резким уменьшением по отношению к инородным телам (в нашем случае — к поверхности кремниевого зонда CSG01).**
- 2. Силы адгезии для клеток, находящихся на более поздней стадии развития опухолевого процесса (последние две строки таблицы) уменьшаются**
- 3. Значительно уменьшается модуль упругости раковых клеток.**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

