

3D визуализация в атомно-силовых и сканирующих капиллярных микроскопах

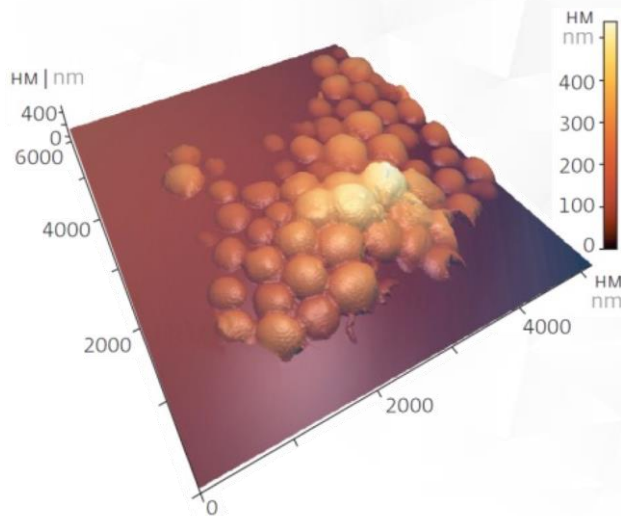
Яминский Игорь Владимирович, профессор
Физический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова
Центр перспективных технологий

**XI междисциплинарная конференция памяти академика Миланова Н.О.
«Актуальные вопросы микрохирургии»**

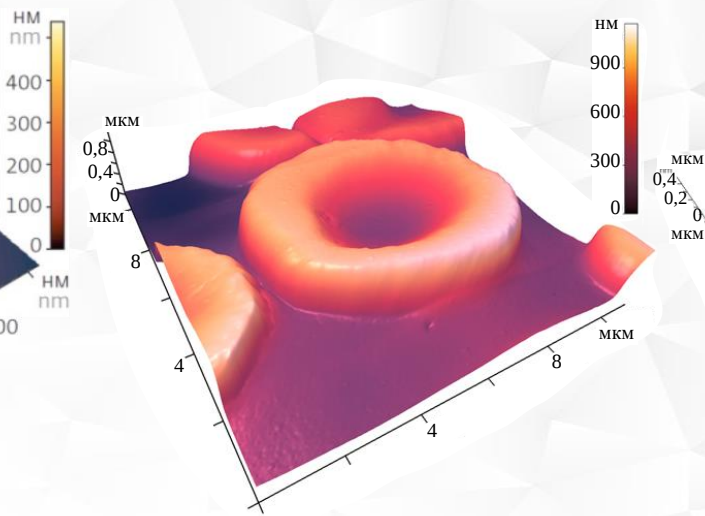
03 марта 2025 года



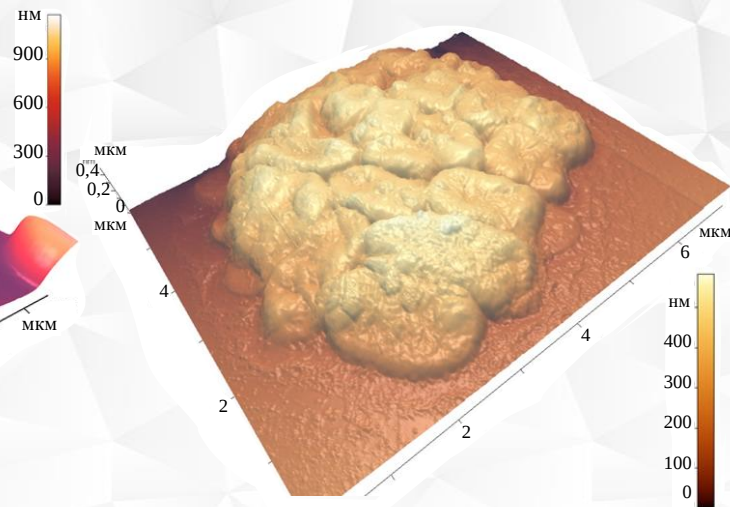
Наглядное 3D представление



Островковая колония
бактерий золотистого
стафилококка

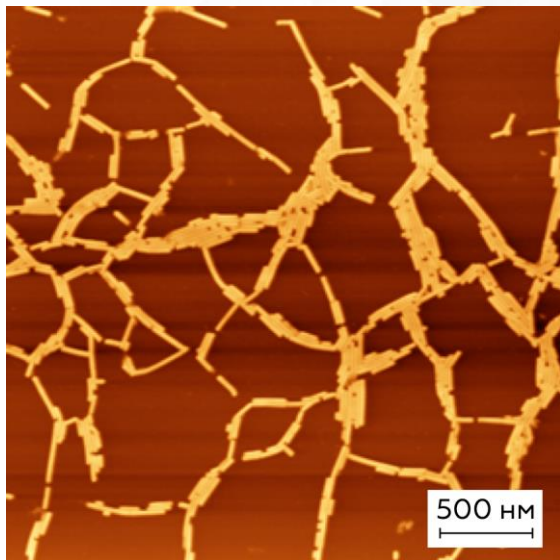


Эритроцит в мазке крови

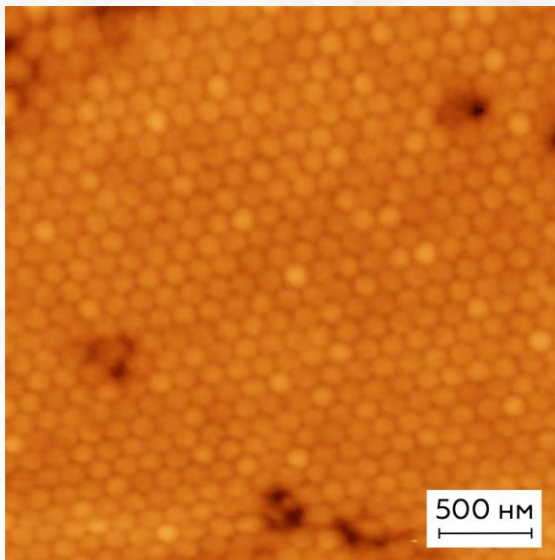


Колония бактерий
Klebsiella pneumoniae

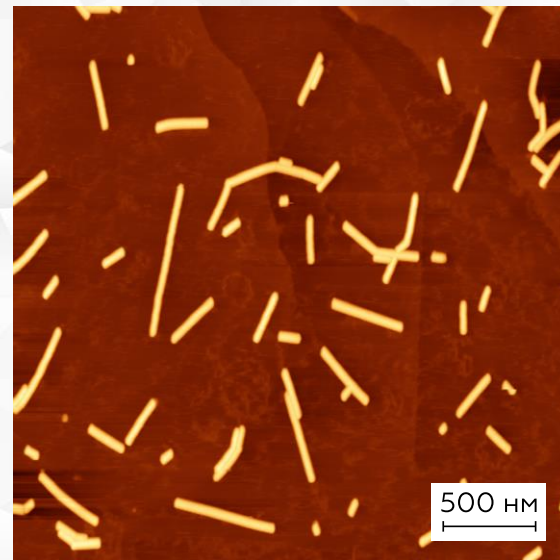
Морфология и свойства вирусов



Вирус штриховой мозаики
ячменя



Вирус мозаики костра

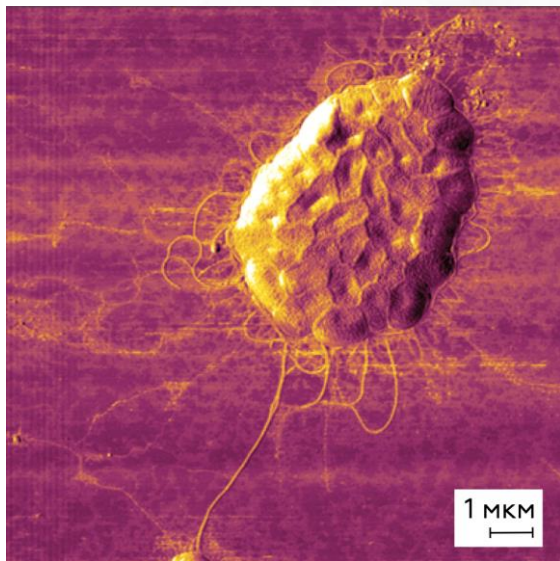


Вирус табачной мозаики

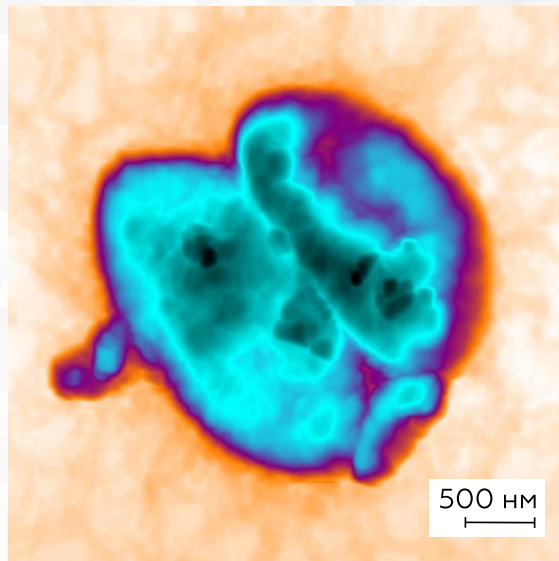
E.V. Dubrovin, Yu.F. Drygin, V.K. Novikov, I.V. Yaminsky. Atomic force microscopy as a tool of inspection of viral infection.

Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine, 3 (2007), 128-131.

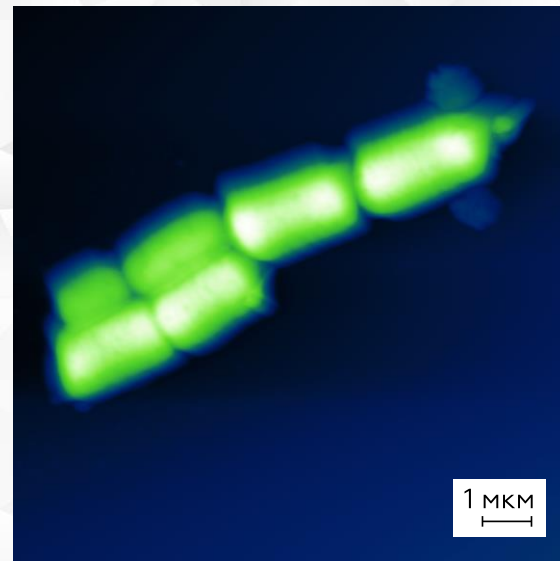
Изучение бактерий



Островковая колония
бактерий *Escherichia coli*



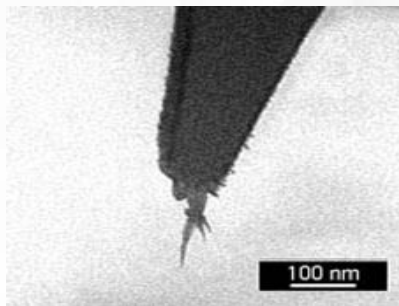
Бактерии
Klebsiella pneumoniae



Колония *Lactobacillus*

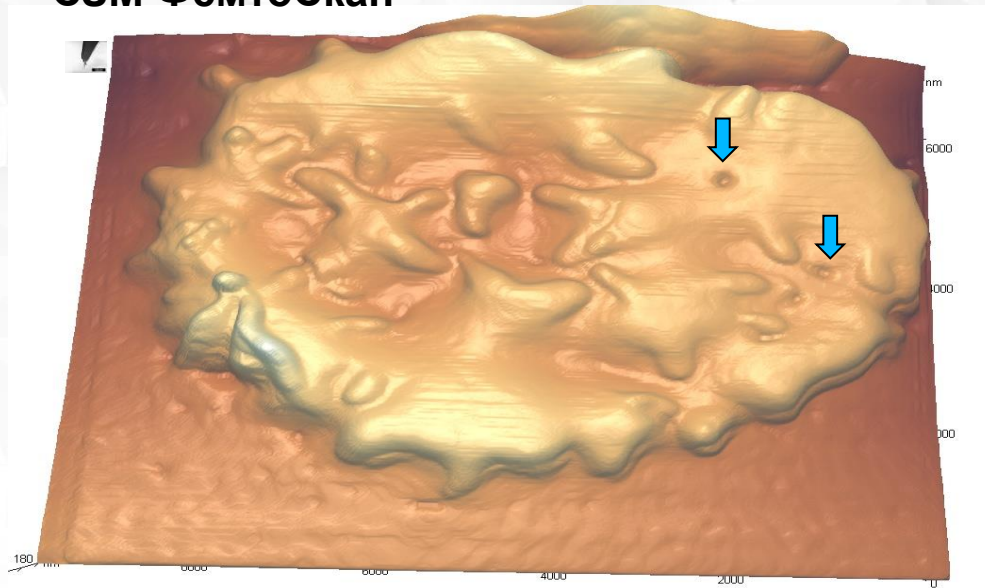
Методы диагностики клеток крови

Совместно с группой академика Мороза В.В., Институт общей реаниматологии РАМН

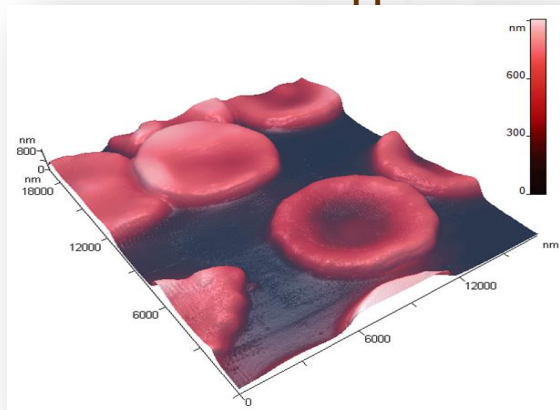


Зонд

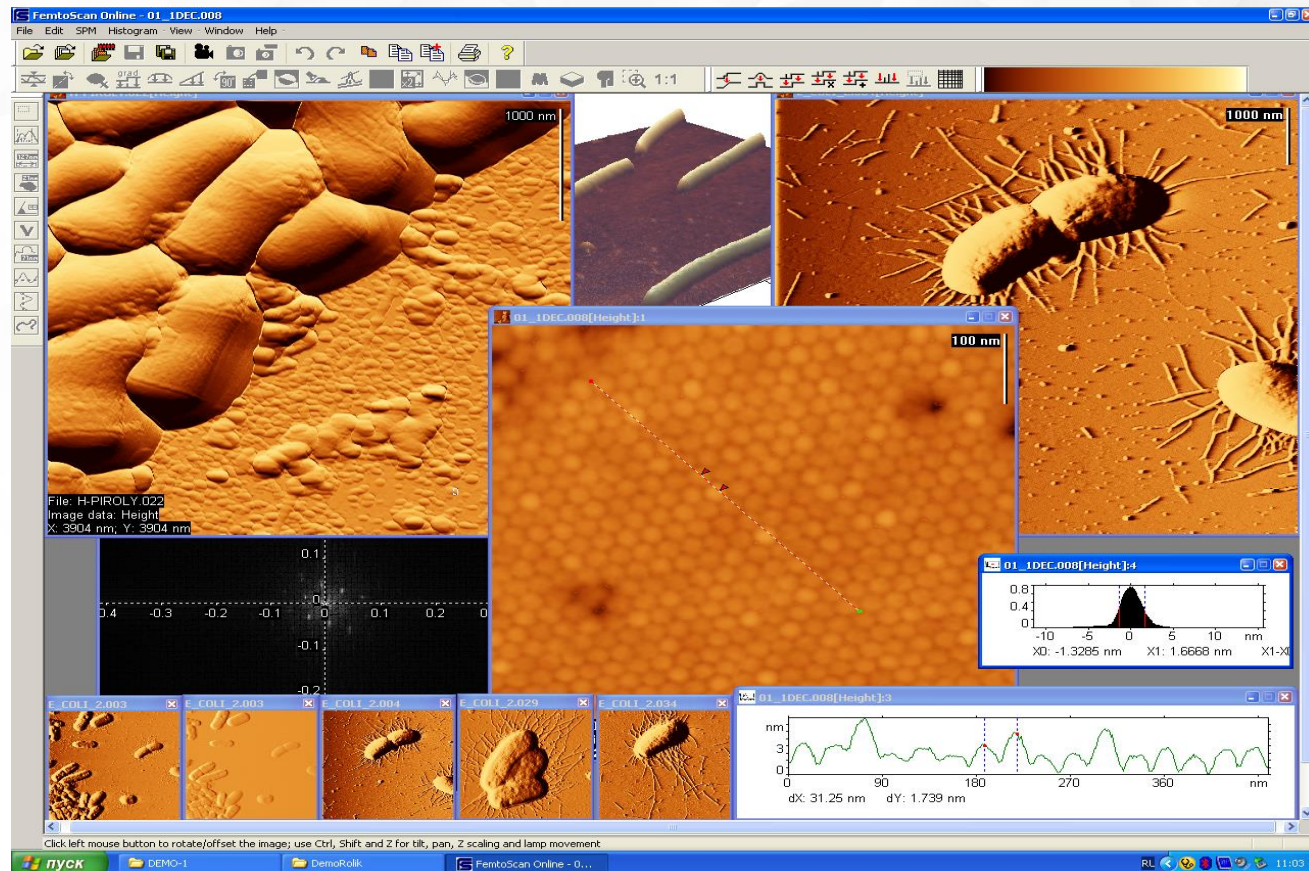
**Изображение эритроцита после электропорации,
СЗМ ФемтоСкан**



Впервые выявлены распределение и характер повреждений мембраны (нанопоры) клетки при воздействии электрического поля



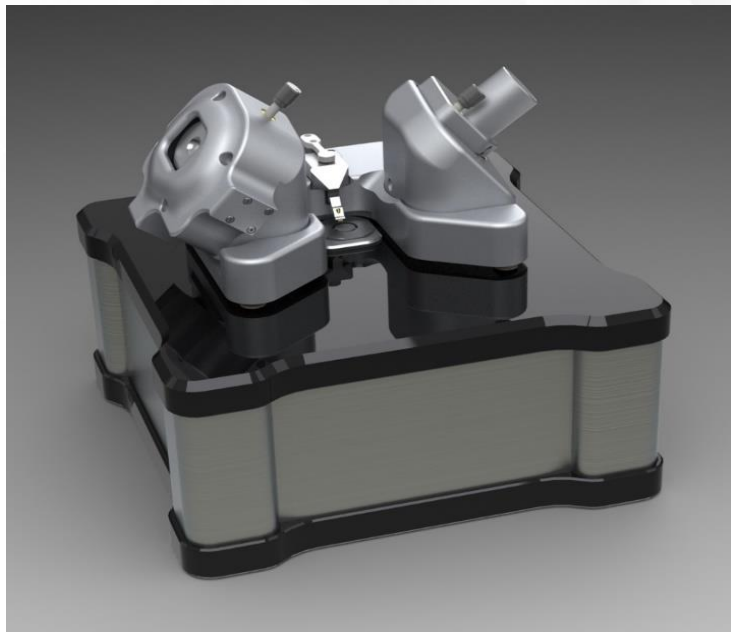
Программное обеспечение ФемтоСкан Онлайн



Филонов А.С., Яминский И.В., Ахметова А.И., Мешков Г.Б. ФемтоСкан Онлайн! Почему он? // Наноиндустрия. 2018, 11,

№ 5(84), С. 339–342

Атомно-силовые микроскопы ФемтоСкан



ФемтоСкан X

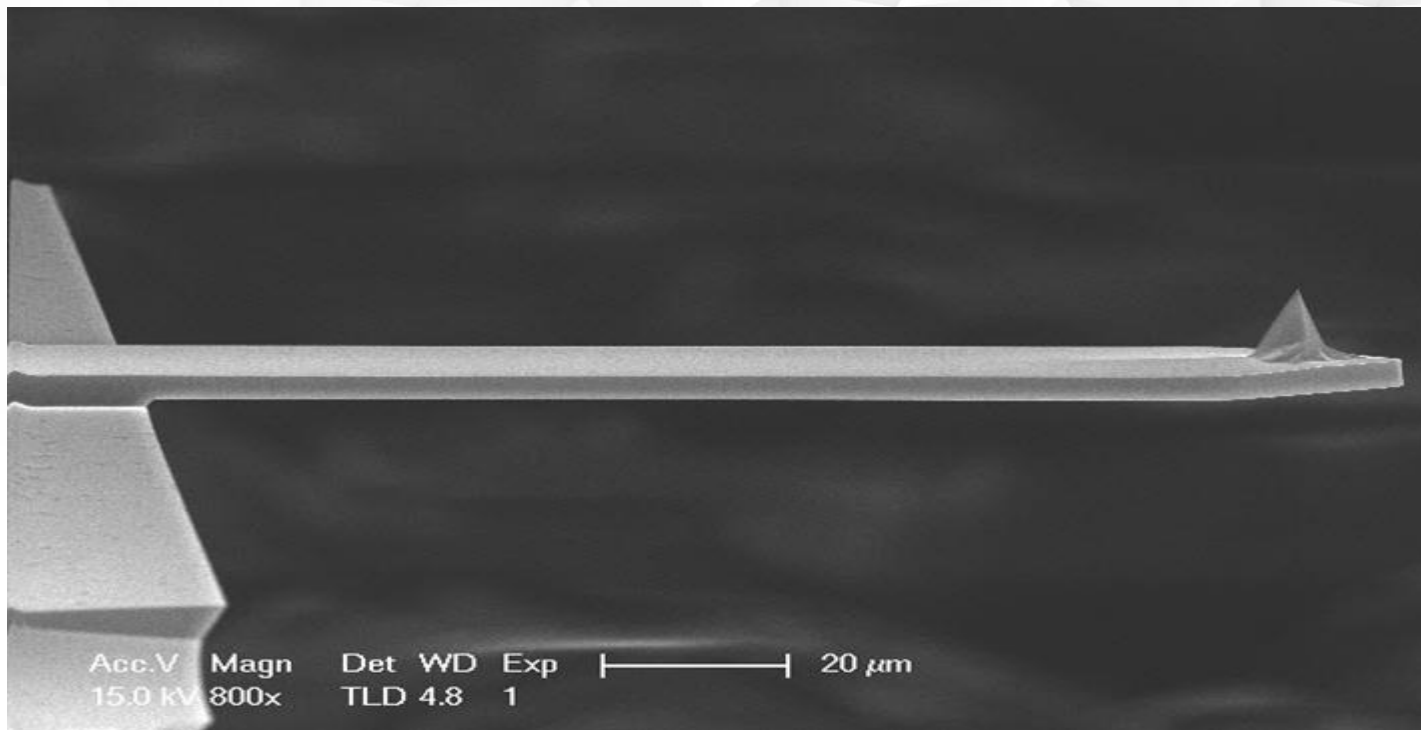
Быстродействующий атомно-силовой
микроскоп



ФемтоСкан

Многофункциональный сканирующий зондовый
микроскоп

Кантилевер в атомно-силовой микроскопии



Материал: кремний

Толщина: 3,4 мкм

Ширина 35 мкм

Длина 100 мкм

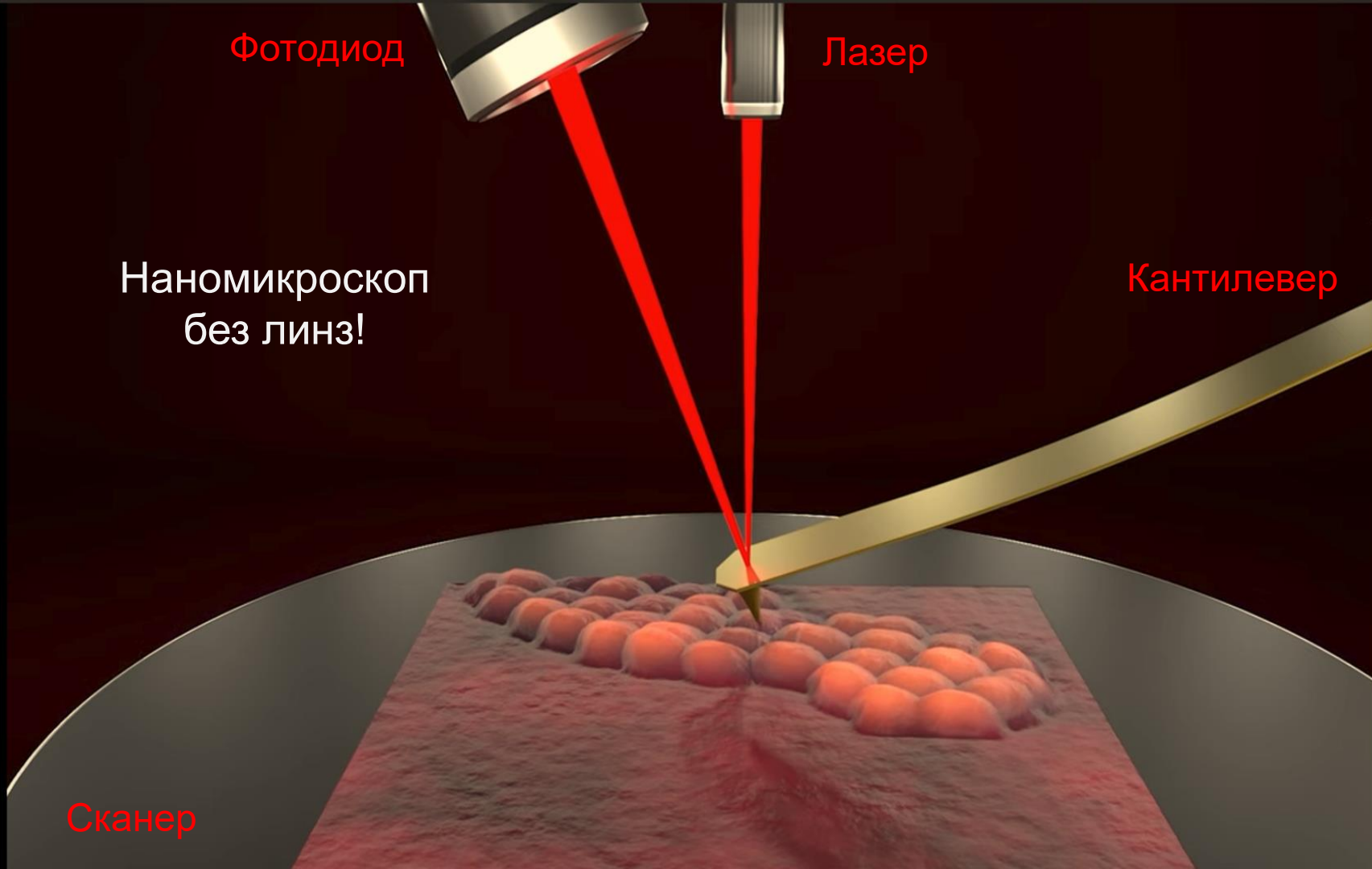
Фотодиод

Лазер

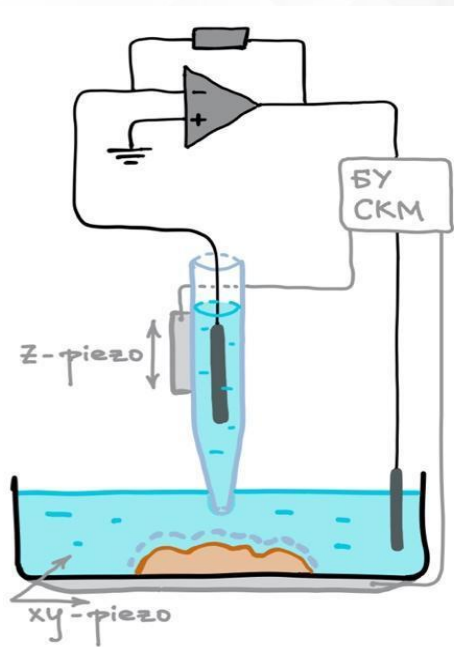
Наномикроскоп
без линз!

Кантилевер

Сканер



Сканирующая капиллярная микроскопия



Блок-схема сканирующего капиллярного микроскопа



Совмещение с оптической микроскопией



Установка для вытягивания капилляров

FemtoScan X Ion

**Сканирующий капиллярный
микроскоп**

Молекулярный 3D принтер

Микроэлектродный инжектор

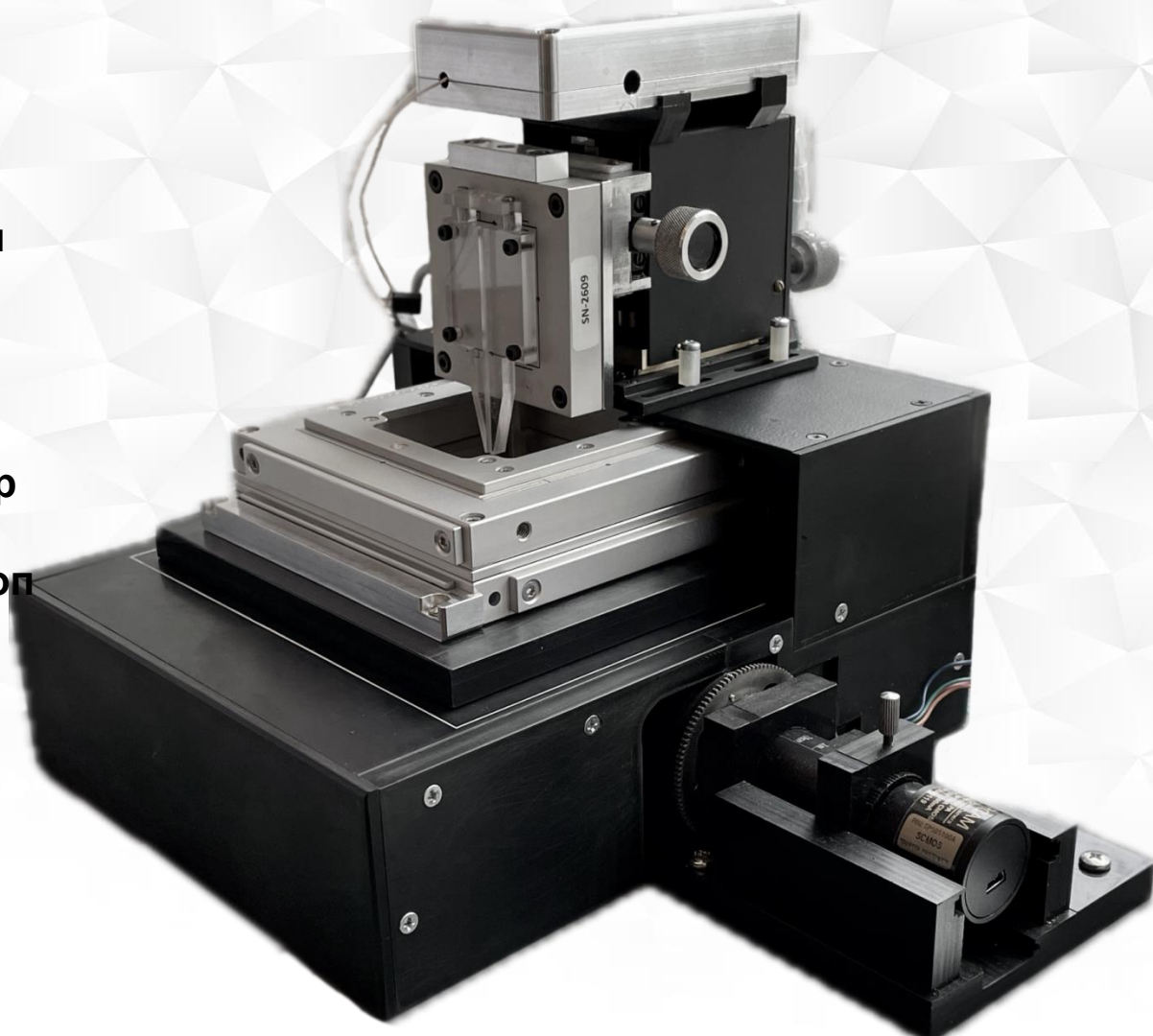
Электрохимический микроскоп

Биосенсор

Сенсор

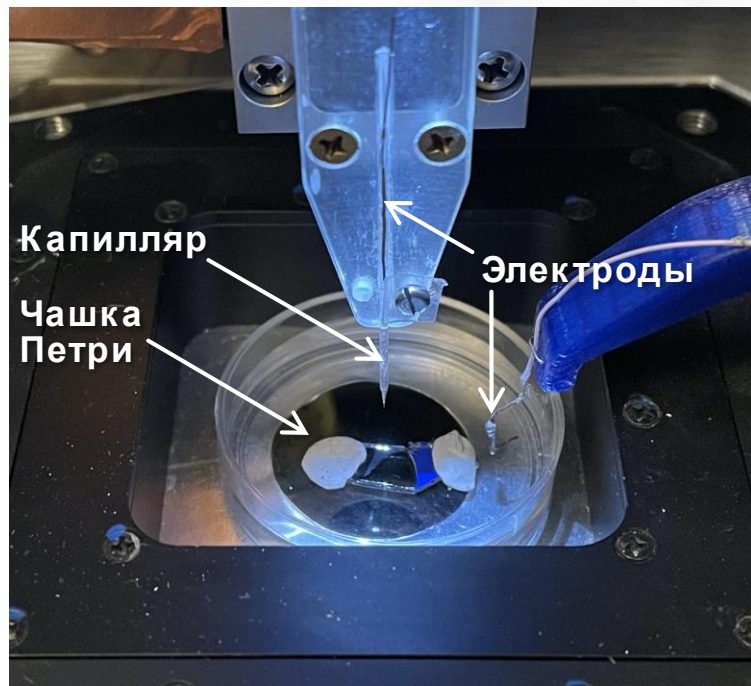
Нанохирургия

.....

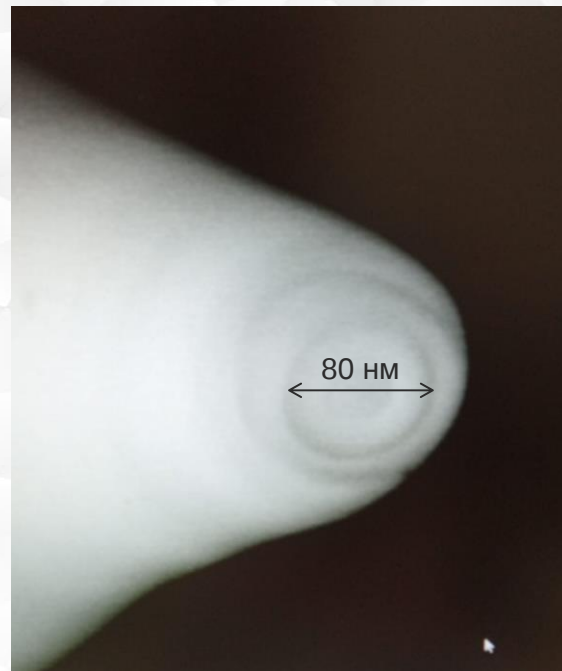


Сканирующая капиллярная микроскопия

Бесконтактная 3D визуализация в естественной среде

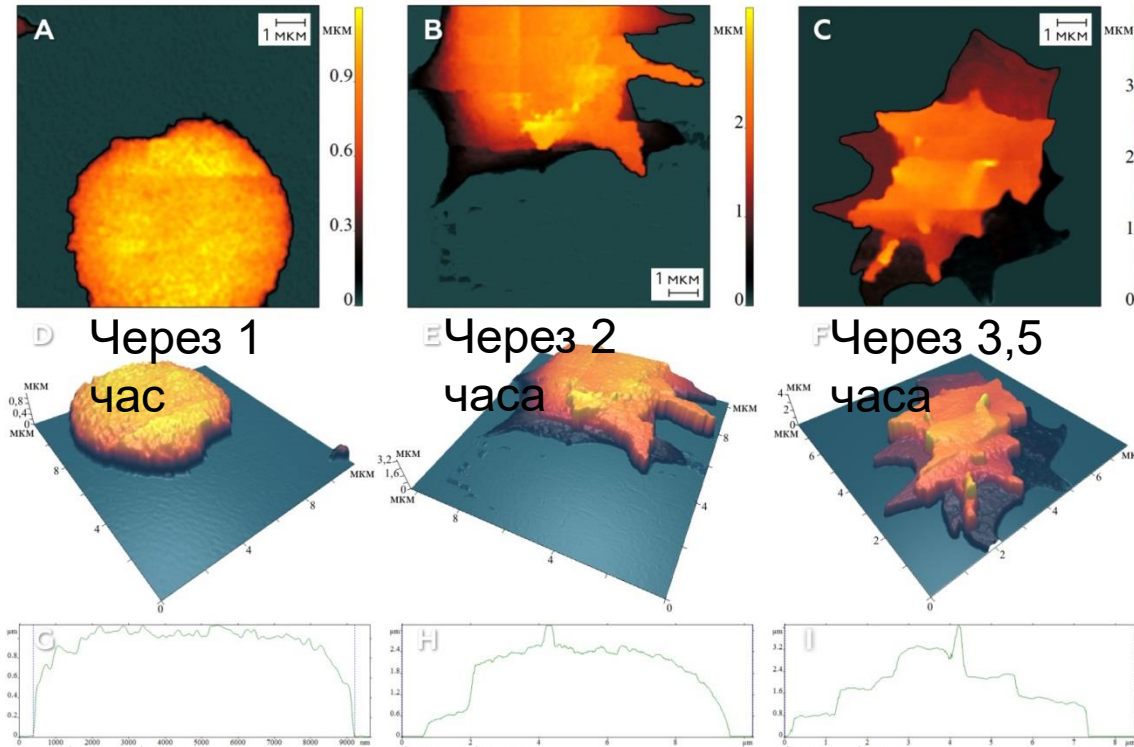


Установка СКМ на базе
инвертированного микроскопа Nikon Ti-U



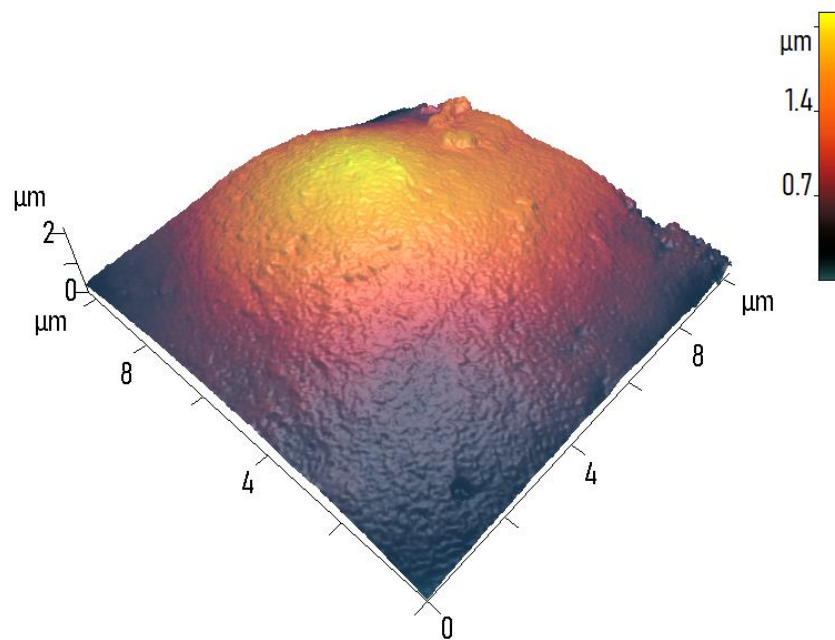
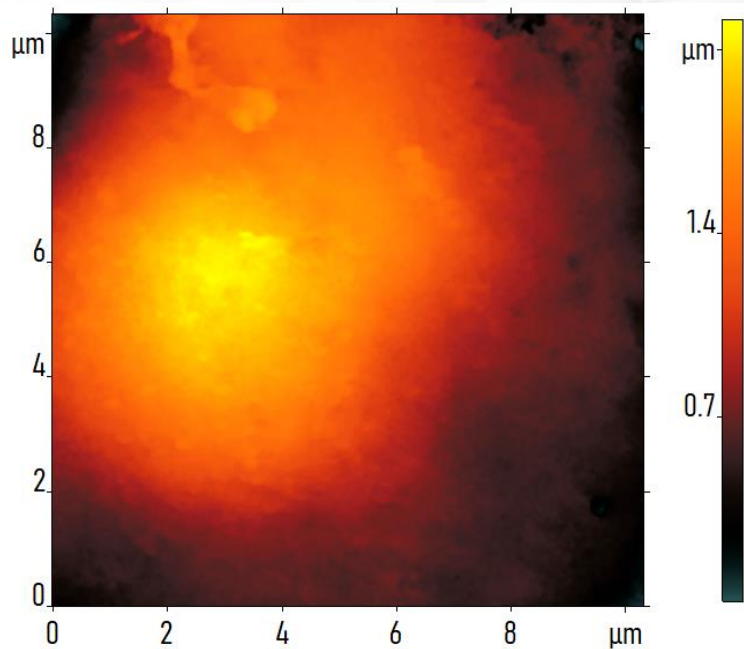
Кончик капилляра (ПЭМ), диаметр
отверстия ~80 нм

Сканирующая капиллярная микроскопия



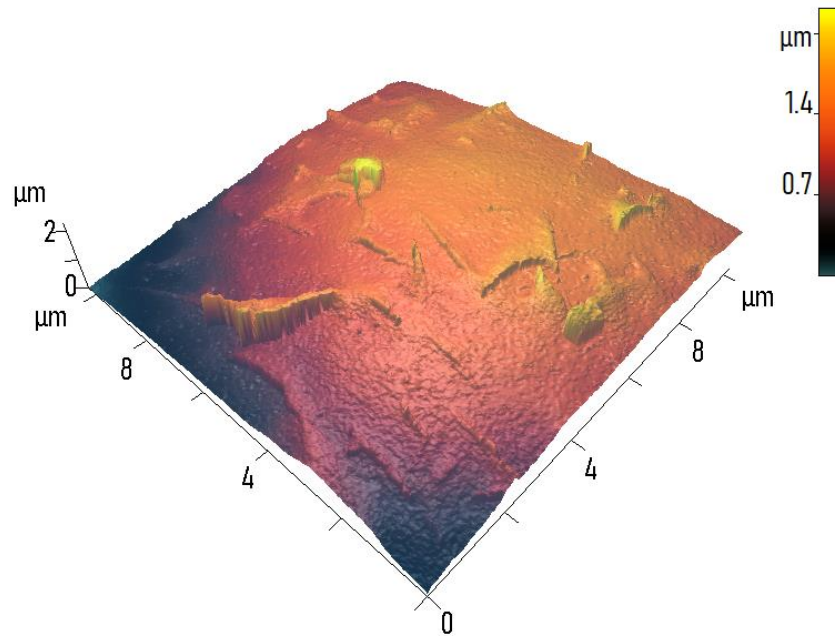
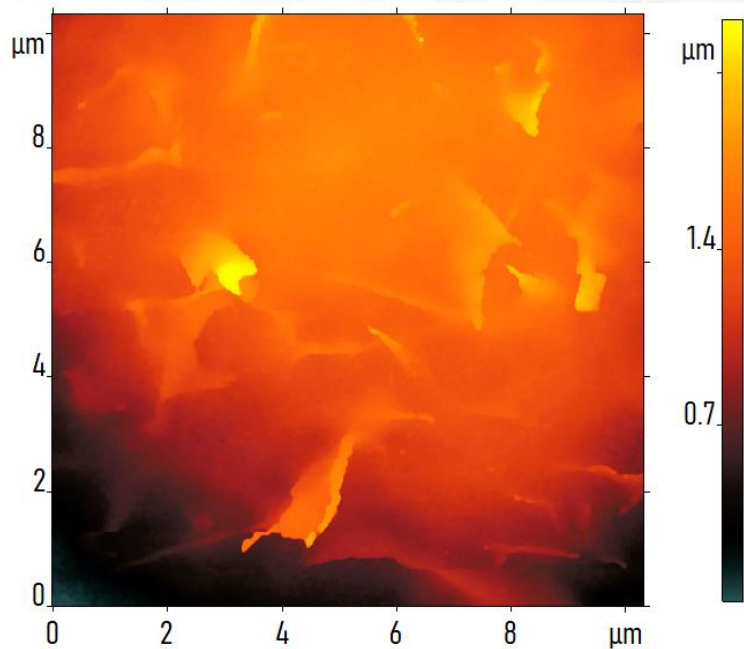
Превращение
эритроцита в
эхиноцит,
акантоцит

Контрольный образец клеток HeLa



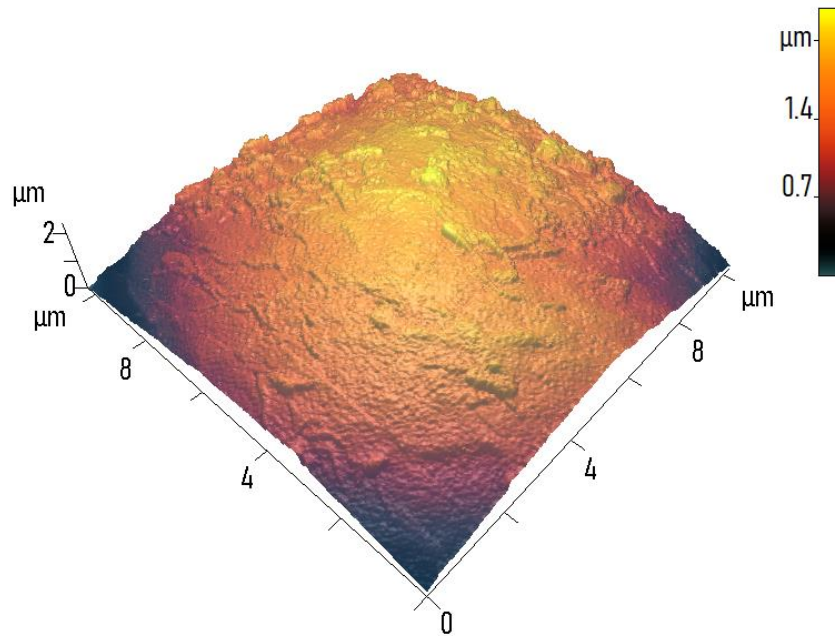
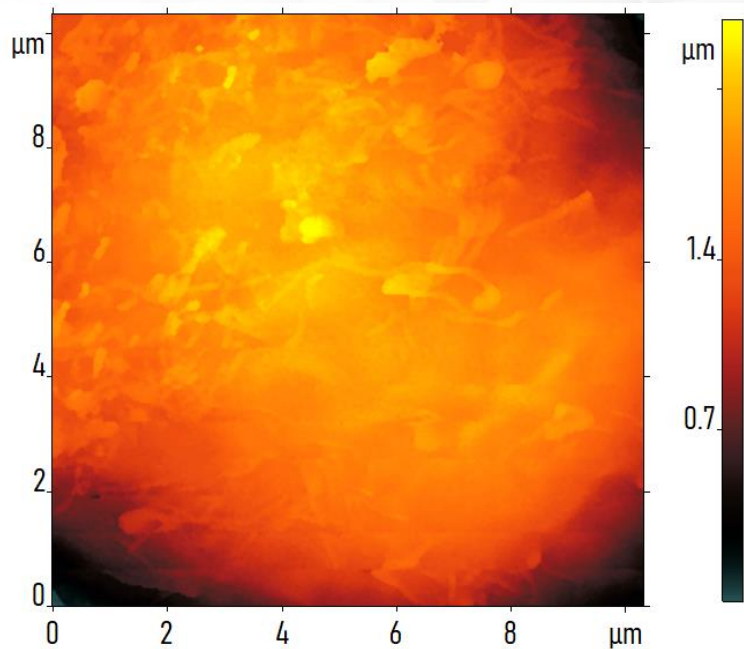
Характерная морфология поверхности в 2D и 3D

Клетки HeLa после обработки цисплатином



Характерная морфология поверхности в 2D и 3D

Клетки HeLa после обработки нокодазолом



Характерная морфология поверхности в 2D и 3D

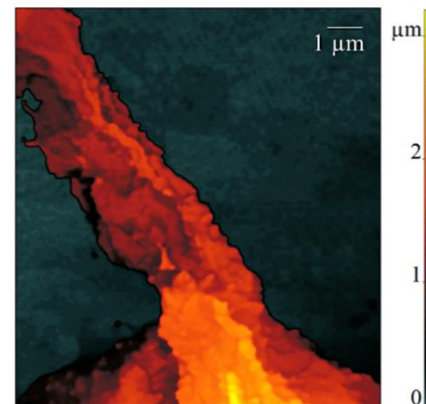
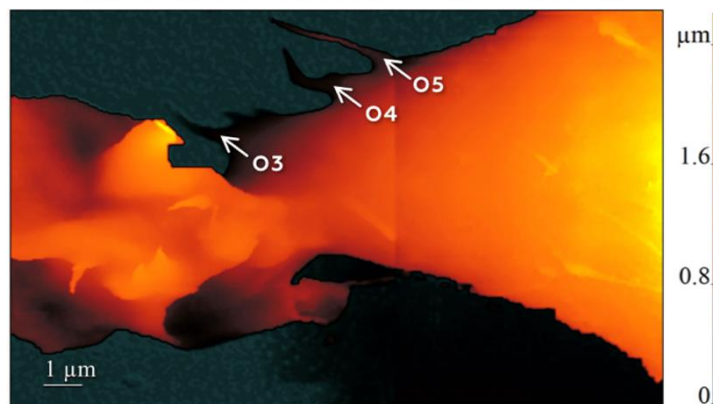
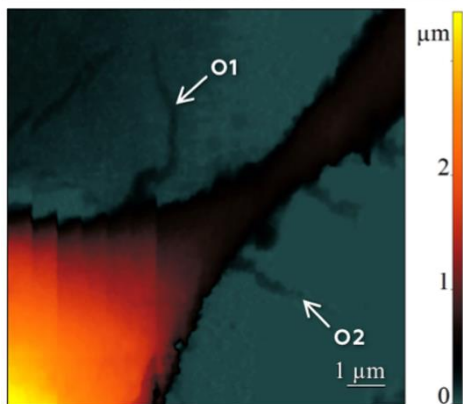
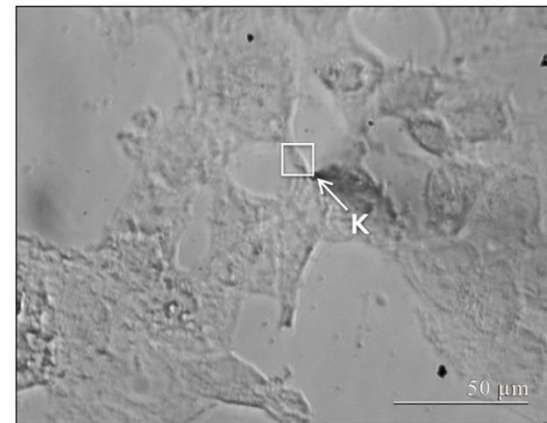
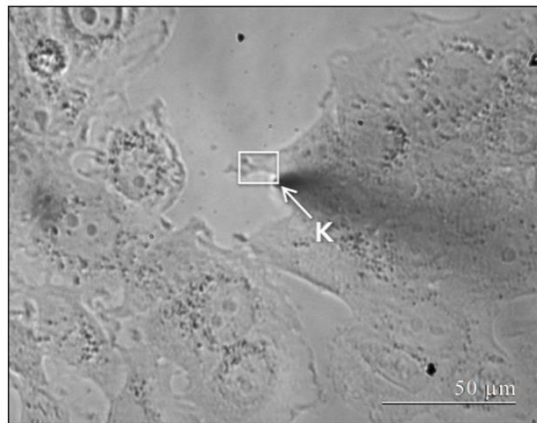
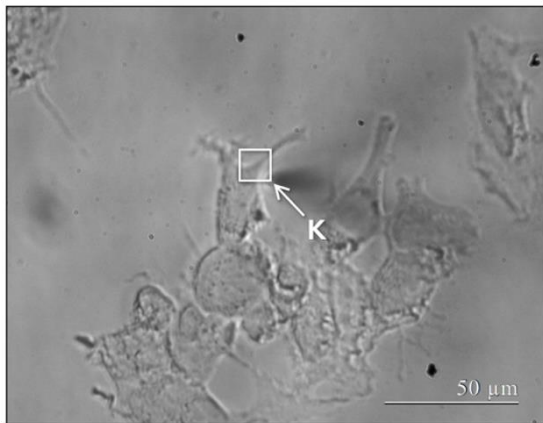
Анализ шероховатости

Крупный рельеф вносит существенный вклад в значение шероховатости $\Rightarrow$
удаляем средний наклон по параболе или сплайном.

Значения средней по модулю (R_a) и среднеквадратичной (R_q) шероховатости поверхности
клеток:

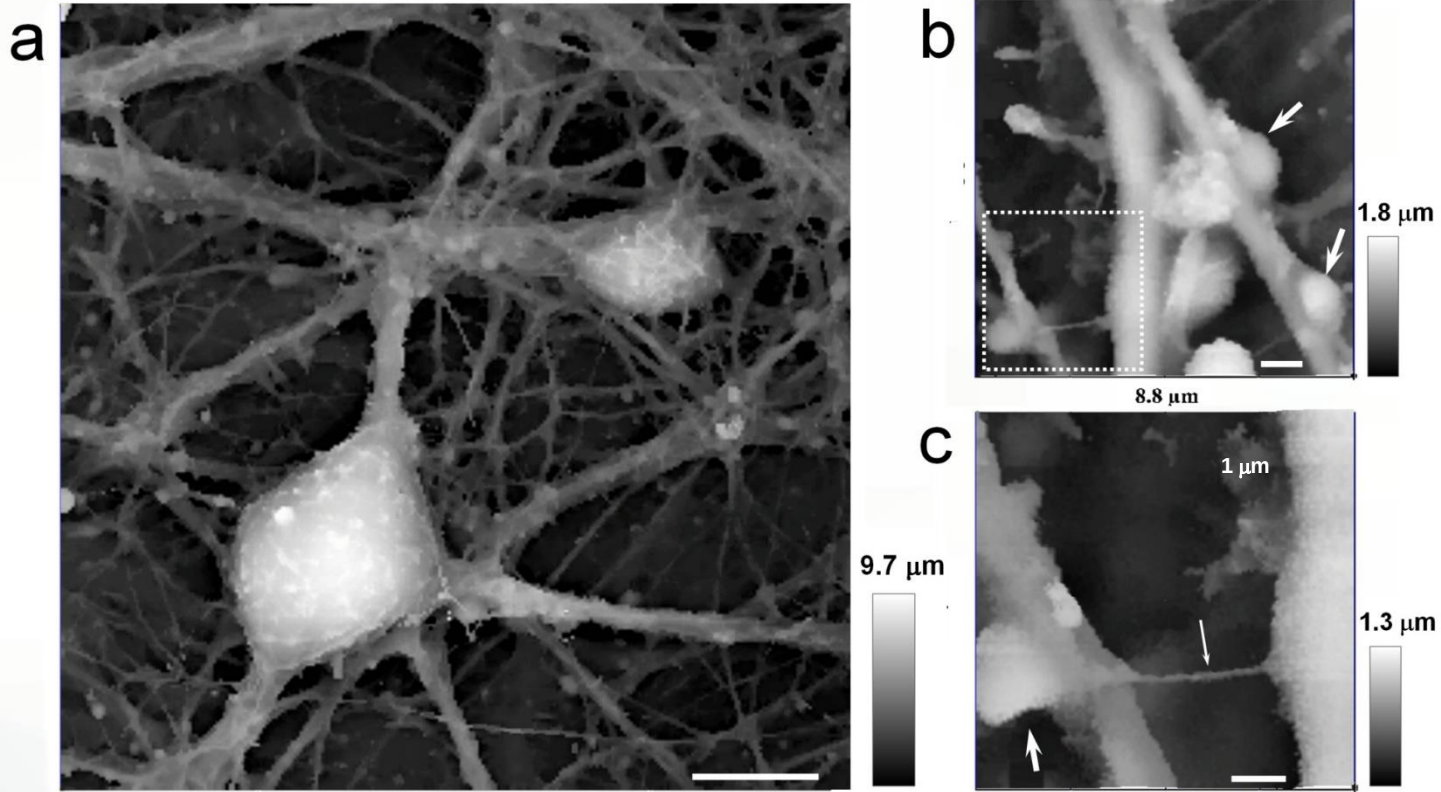
Статистика измерений	Средняя шероховатость, нм (сплайн 50x50)		Средняя шероховатость, нм (парабола 50x50)	
	R_a	R_q	R_a	R_q
HeLa_контроль	35 ± 5	48 ± 6	33 ± 5	45 ± 6
HeLa_цисплатин	35 ± 5	50 ± 7	33 ± 5	46 ± 6
HeLa_нокодазол	51 ± 5	68 ± 6	56 ± 6	72 ± 7

Сканирующая капиллярная микроскопия



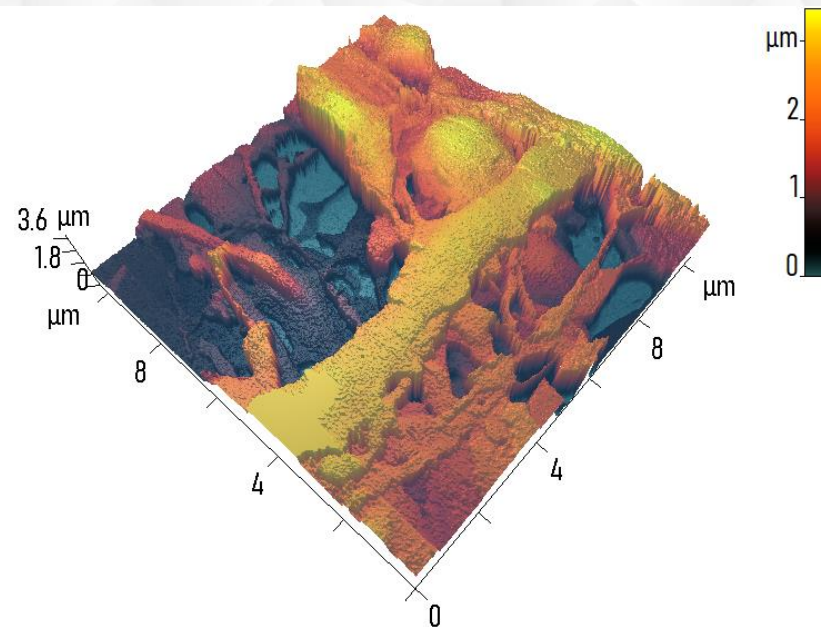
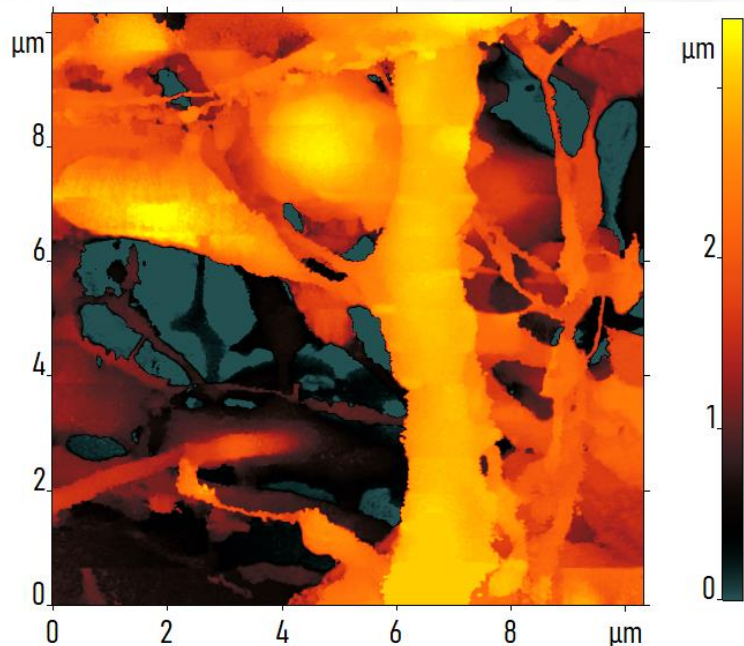
Клетки карциномы человека

Hippocampal Neurons



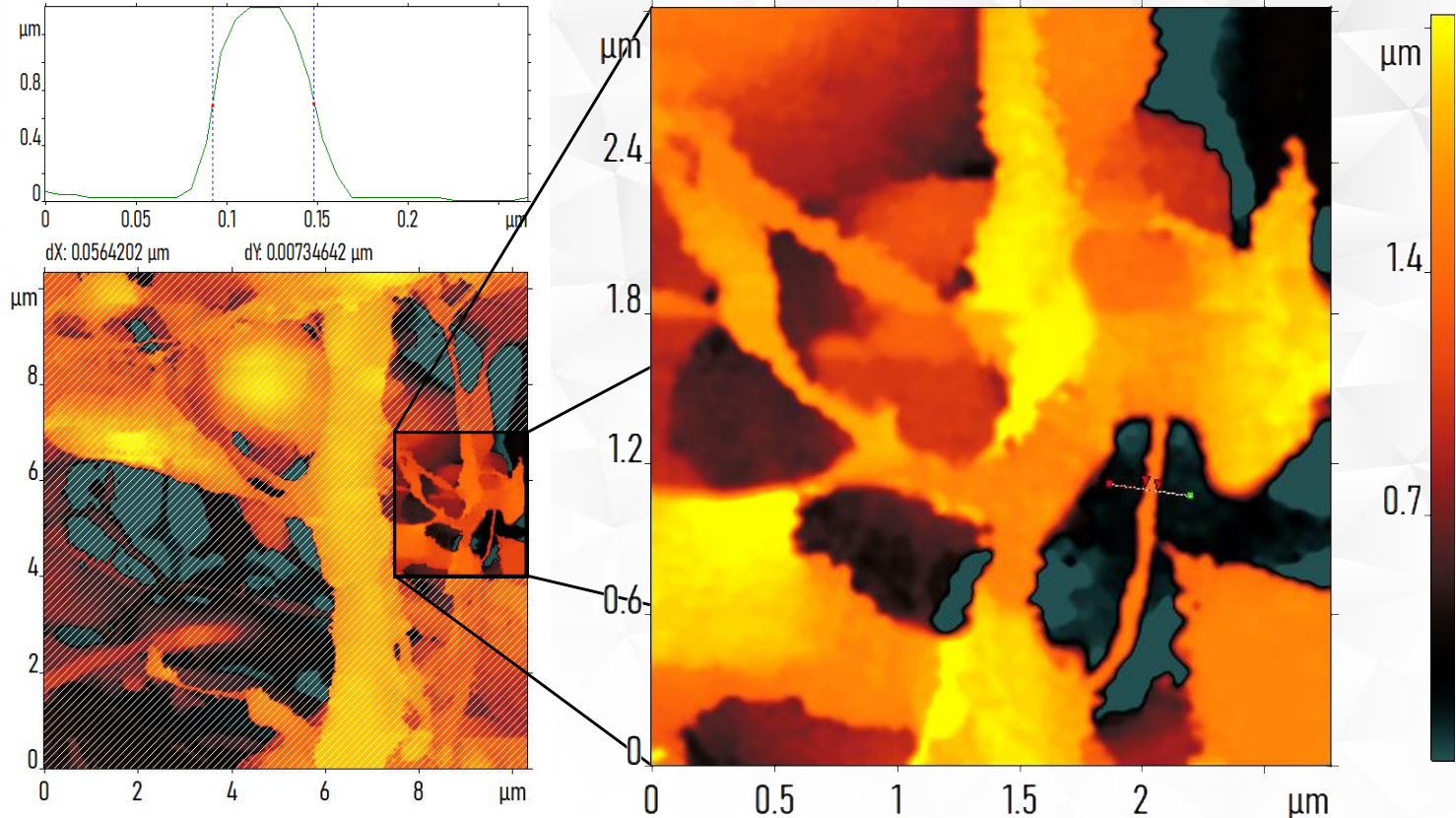
Novak P, Li C, Shevchuk A.I, *et al.* Nanoscale live cell imaging using hopping probe ion conductance microscopy. *Nature methods*. 2009;6(4):279-281.

Наблюдение живых нейронов



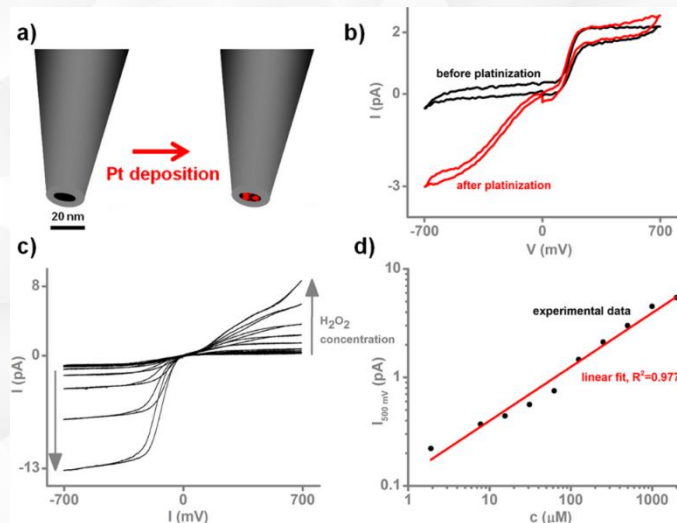
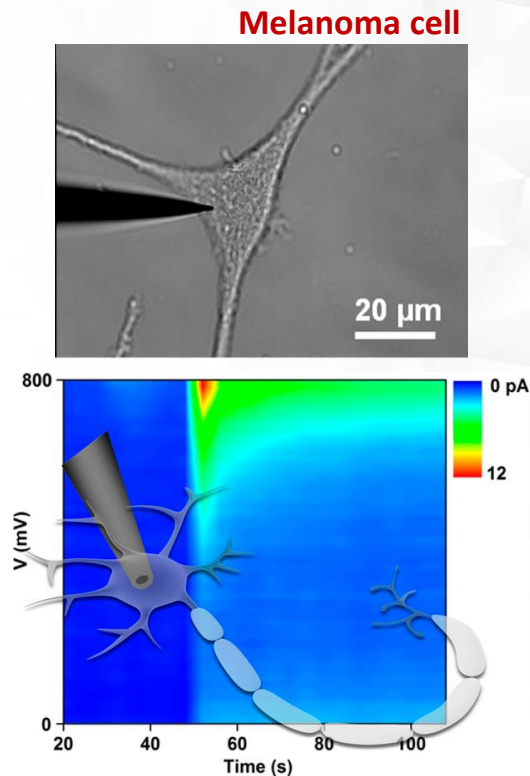
Нейроны эмбрионов крысы на 14 день внутриутробного развития

Наблюдение живых нейронов

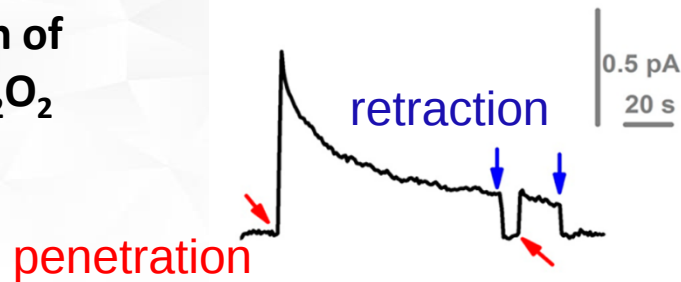


Диаметр разрешенных на изображении дендритов достигает 50 нм

Electrochemical Nanoprobes for Single-Cell Analysis



Carbon nanoelectrode with platinum for detection of hydrogen peroxide H_2O_2



Спасибо!

В помощь идущим:

Канал ВЗГЛЯД В НАНОМИР

Сканируем атомы. Атомно силовой микроскоп. Как работает? Из чего сделан?

<https://youtu.be/RHiGj5EYlsg>

Вся правда о вирусах, научные, лабораторные эксперименты. Вирусы под микроскопом

<https://youtu.be/KgXV0v7WFog>



www.nanoscopy.ru

Яминский Игорь Владимирович
профессор, доктор физико-математических наук

МГУ имени М.В.Ломоносова
Центр перспективных технологий
Центр молодежного инновационного творчества «Нанотехнологии»

yaminsky@nanoscopy.ru

Спасибо за внимание!