

## Отзыв

на автореферат диссертации Халисова Максима Миндигалеевича «Применение атомно-силовой микроскопии для детектирования отклика нативных клеток на внешние воздействия», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

В настоящее время одним из важных направлений использования сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) стало изучение с ее помощью биологических объектов. Среди разновидностей СЗМ наиболее широкое распространение в биологии получила атомно-силовая микроскопия (АСМ). Она успешно применяется для исследования таких актуальных объектов как животные клетки. Ценность АСМ заключается в том, что этот метод предоставляет альтернативный оптической микроскопии (и дополняющий ее) взгляд на животные клетки. АСМ позволяет изучать морфологию и механические характеристики таких объектов с нанометровым разрешением в нефиксированном (нативном) состоянии в жидкой среде.

В своей работе М.М. Халисов развивал методики АСМ-измерений механических и геометрических характеристик нативных животных клеток: фибробластов, эритроцитов, эндотелиальных клеток, сенсорных нейронов. В основе развиваемых методик лежал один из вариантов реализации квазистатического режима АСМ, в котором зонд колеблется с частотой порядка сотни герц и кратковременно деформирует образец в каждой точке измерения. Такой алгоритм работы вместе с высотным распределением одновременно позволяет картировать и механические параметры объекта исследования: глубину продавливания, модуль Юнга.

При изучении реакции нативных клеток на внешние воздействия с помощью АСМ были получены следующие значимые результаты: величина контактной жесткости более адекватно описывает механические свойства нативных фибробластов, чем модуль Юнга; свойства нефиксированных эритроцитов на полилизиновой подложке нестабильны; обнаружена возможность детектирования изменений механических свойств тонких слоев эндотелиальных клеток под действием специфических ингибиторов цитоскелета; показана зависимость определяемого модуля Юнга сенсорных нейронов от характеристик острого зонда.

Достоверность и надежность полученных результатов подтверждается большим количеством измерений, апробацией результатов в виде публикаций в рекомендованных ВАК печатных изданиях и выступлениях на конференциях. Полученные автором результаты представляют практический интерес и могут быть полезны при исследовании методом АСМ механических характеристик и морфологии различных нативных животных клеток.

Результаты исследования были опубликованы в 24 печатных работах. Из них 5 статей в научных изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Web of science и Scopus.

Содержание автореферата изложено последовательно и ясно, оно дает достаточное представление о выполненной работе. Автореферат диссертации не лишен некоторых недостатков. В частности, допущена ошибка в нумерации рисунков: на страницах 12 и 13 друг за другом следуют два рисунка под номером 5. В результате, нумерация рисунков с 6-го по 9-ый оказывается неверной. На рисунке под номером 6 не хватает обозначений «а» и «б». На странице 10 приведено по 2 значения модуля Юнга фибробластов при измерении острыми и субмикронными сферическими зондами, однако, не пояснено, как получены эти значения.

Тем не менее, обнаруженные недостатки не снижают ценности результатов работы.

Представленная работа М.М. Халисова отвечает требованиям ВАК РФ, изложенным в п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.), а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидат технических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Доктор физико-математических наук, доцент,  
Техник Научно-образовательного центра  
«Физика твердотельных наноструктур»  
ФГАОУ ВО "Национального исследовательского Нижегородского  
государственного университета им. Н.И. Лобачевского"  
Адрес: 603950, Нижний Новгород, пр-т Гагарина, 23  
Тел.: +7-910-797-9536  
Эл. почта: dmitry\_filatov@inbox.ru



(Филатов Д.О.)

Филатов Дмитрий Олегович

Подпись Филатова Д.О. удостоверяю:

Кадровый работник.

ПЕЧАТЬ

