

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Тимощука Кирилла Игоревича «Методики исследования мягких объектов в атомно-силовой микроскопии», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

Работа Тимощука К.И. посвящена актуальной и важной теме. Известно, что метод атомно-силовой микроскопии (АСМ) очень перспективен в изучении механических и геометрических параметров нанообъектов. Этот метод востребован и популярен в исследованиях биологических клеток, которые представляют собой так называемый «мягкий объект». Однако состояние дел в этой области, на сегодняшний день, не структурировано и характеризуется сильной противоречивостью АСМ результатов, полученных, в принципе, для одинаковых объектов. Поэтому нацеленность автора в своей работе на создание новых универсальных методик для АСМ, повышающих достоверность измерений, заслуживает признания и поддержки.

Судя по автореферату, Тимощуку К.И. удалось создать такие методики и провести с их помощью адекватные исследования морфологии и механических параметров мягких объектов (живых клеток животных). Т.е. им получены результаты, свидетельствующие о достижении цели и успешном решении задач, поставленных в диссертации.

Интересно, что автор предлагает определять состояние защемления или проскальзывания в контакте зонда АСМ поверхностью, например, по неизменности или возрастанию значений деформации, измеряемых при переходе с плоских участков объекта исследования на наклонные. Такая оперативная методика сортировки мягких объектов, основанная на принципе «защемлен или скользит» контакт зонда АСМ с поверхностью исследуемого объекта, действительно, важна для установления истинных причин изменений параметров мягких объектов, измеряемых в АСМ.

Подтвержденные автором выводы имеют теоретическое и практическое значение. Использование методик, разработанных самим диссертантом, характеризуется правильностью использованных приближений и повторяемостью экспериментальных данных. Сравнительный анализ групп биологических клеток с помощью АСМ, их геометрических и механических свойств, производится с использованием современных знаний об устройстве и принципах функционирования биологических клеток и теоретических представлений о взаимодействиях зонда АСМ и образца. Размещение объектов в жидких средах и использование методов оптического и лазерного конфокального микроскопа, дополненных сканирующими зондовыми микроскопами, обеспечивают научную достоверность результатов исследований.

Автореферат достаточно полно рассматривает основные результаты исследования. Они отражены в 12 публикациях, в том числе в четырех научных журналах, рекомендованных ВАК.

По автореферату имеются вопросы:

1. После прочтения текста, посвященного рисункам 1 и 2, остается неясным, кантилевер с каким  $\lambda$  более предпочтителен для «адекватности АСМ исследований липких объектов» (в терминологии автора)? Кроме того, не сказано, какая из гистограмм на рисунке 1 ближе к истине?

2. По поводу «проскальзывания» зонда на наклонных участках образца. Если длинная сторона консоли кантилевера параллельна склону, то с возможностью такого «проскальзывания» можно согласиться. Когда же параллельна склону короткая сторона консоли, «проскальзывание» не очевидно, поскольку зонд кантилевера в этом случае будет «натыкаться» на склон. Каково мнение автора по этому поводу? В автореферате его, к сожалению, нет.

Однако, в целом, вопросов и замечаний принципиального характера, которые бы испортили общее положительное впечатление о представленной работе, у меня нет.

С учетом всего вышесказанного, диссертационное исследование Тимощука К.И. отвечает требованиям ВАК РФ, изложенным в п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842. от 24 сентября 2013 г., а соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Старший технолог общества с ограниченной ответственностью «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике», кандидат физико-математических наук (01.04.07 - Физика конденсированного состояния)



Няпшаев Илья Александрович

Няпшаев Илья Александрович

Общество с ограниченной ответственностью «НТЦ тонкопленочных технологий в энергетике» Адрес: 194064, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 28

+7 (812) 449 16 12 доб.233

[i.nyapshaev@hevelsolar.com](mailto:i.nyapshaev@hevelsolar.com)