

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Тимощука Кирилла Игоревича на тему: «**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

В настоящее время весьма актуальными и перспективными областями применения зондовых методов, в том числе, атомно-силовой микроскопии (АСМ), в физико-химических исследованиях и материаловедении является изучение «мягких» объектов. Под «мягкими» объектами, в контексте выполненной диссертационной работы, подразумеваются такие объекты, как нативные клетки животных и человека, полимерные гидрогели и др., контактная жесткость зонда кантилевера с которыми значительно меньше жесткости его консоли. Принимая во внимание, что существующие методики АСМ подразумевают механическое воздействие кантилевера на изучаемый объект, важной представляется разработка таких методик, которые бы при АСМ-исследовании обеспечивали бы адекватность измерений механических параметров и определения структурно-морфологических особенностей этого класса объектов для установления надежных корреляций структура-свойства.

Целью диссертационной работы Тимощука К.И. является создание новых АСМ-методик для повышения надежности измерений величины деформации, контактной жесткости, модуля Юнга, а также определения морфологии вышеуказанных мягких объектов. Таким образом, по тематике диссертационная работа является весьма **актуальной, как с теоретической, так и с практической точек зрения.**

Судя по автореферату, в ходе диссертационного исследования Тимощуку К.И. удалось сформулировать критерии классификации контакта АСМ-зонда с мягкими объектами по принципу «липкий-скользящий». Для обеспечения адекватности АСМ-измерений механических и геометрических параметров мягких объектов, автор разработал методику определения вклада геометрической формы кантилевера в суммарную величину кажущейся

контактной жесткости и измеряемого модуля Юнга. Автором также разработана методика обнаружения состояний скольжения-залипания при контакте АСМ-зонда с индивидуальным мягким объектом. Исследования, проведенные по разработанным методикам на нативных нейронах и нативных фибробластах в условиях, близких к физиологическим, подтвердили соответствие полученных результатов ожидаемым, эти результаты являются **новыми** и могут обоснованно рассматриваться как **научная новизна работы**.

Наибольший интерес представляют разработанные диссертантом методики сортировки мягких объектов по принципу «липкого-скользкого» контакта с АСМ-зондом. Использование этих методик позволяет автору адекватно интерпретировать полученные методом АСМ результаты по определению механических характеристик мягких объектов. Указанные методики логично дополняют друг друга, поскольку одна из них позволяет классифицировать среднестатистический объект из группы однотипных, а вторая – классифицировать каждый отдельный объект. Эти методики, несомненно, расширяют возможности применения АСМ для исследования биологических объектов, что и составляет **практическую значимость работы**.

По содержанию автореферата можно сделать несколько замечаний и задать следующие вопросы:

1. На стр. 4 сказано: "Особенно важно иметь это в виду при исследовании таких объектов, как: гидрогели, полимеры и нативные клетки". Тем не менее, в диссертационной работе приведены результаты исследований только нативных клеток. Почему автор ограничился только этим типом объектов?
2. При изложении материала третьей главы диссертации в автореферате на стр. 8-10, не достаточно четко определено, какую зависимость от λ имеет модуль Юнга в случае так называемых «скользких» объектов?

3. На рисунках 4 и 5 (стр. 12 и 13) представлены гистограммы средних значений модуля Юнга нативных фибробластов и интенсивности свечения актиновых волокон в них до и после воздействия препарата колхицина. Однако, на рисунках не приведены планки погрешностей, не смотря на то, что в проведенных измерениях погрешность явно присутствует. Более того, в тексте автореферата отсутствует какая-либо информация о значениях погрешностей выполненных измерений.
4. Автореферат написан хорошим языком, логично и грамотно. Тем не менее, в тексте на стр. 11 содержатся не совсем удачные по стилю изложения фразы, так, например, автор 10 раз использует словосочетание «нативный фибробласт», и 6 раз – "интактный контрольный нативный фибробласт", что представляет собой некую тавтологию.

Перечисленные выше замечания носят частный характер и не влияют на общую положительную оценку работы.

Оценивая работу автора в целом можно заключить, что, судя по автореферату, обоснованные автором выводы представляют теоретическую и практическую значимость, обладают необходимой степенью научной новизны. Достоверность и надежность полученных в ходе диссертационного исследования результатов обеспечиваются достаточным объемом выборок, использованием современных методов исследования, основанных на современных знаниях об устройстве нативных клеток и теоретических представлений о взаимодействии зондового датчика сканирующего зондового микроскопа с мягкими объектами, а также общепринятых методов исследования, обработки и интерпретации результатов экспериментальных исследований.

Автореферат и опубликованные научные работы в полной мере отражают содержание диссертации, а также ход и результаты проведенных исследований. По материалам диссертации опубликовано 12 работ, среди

которых 4 статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации.

Диссертация Тимощука К.И. на тему: «Методики исследования мягких объектов в атомно-силовой микроскопии» является законченной квалификационной работой, по содержанию, форме и актуальности поставленных и решенных задач, совокупности новых научных результатов отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым ВАК Министерства науки и высшего образования РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор – Тимошук Кирилл Игоревич – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Доктор физико-математических наук,
Заместитель директора по научной работе ФГУП «Ордена Ленина
и ордена Трудового Красного Знамени
Научно-исследовательского института синтетического
каучука имени академика С.В. Лебедева»
198035, Санкт-Петербург, ул. Гапсальская, д.1
Тел. (812)251-07-39; +7(921) 398 4212
t.sukhanova@fgupniisk.ru

Суханова Татьяна Евгеньевна

Подпись Сухановой Т.Е. заверяю

Ученый секретарь ФГУП «НИИСК»
д-р. тех. наук, проф.



Матвеева Л.Ю.

16.12.2019 г.