

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Чеботарева Артема Станиславовича  
«Мультимодальная нелинейно-оптическая микроскопия на основе  
использования ратиометрических флуоресцентных белковых сенсоров»,  
представленной на соискание ученой степени физико-математических наук по  
специальности 1.3.19. Лазерная физика

Работа Артема Станиславовича Чеботарева посвящена развитию экспериментальных возможностей методов лазерной сканирующей микроскопии для изучения свойств клеток и тканей. Для решения поставленной задачи были собраны установки позволяющие использовать фемтосекундное лазерное излучение в ИК-диапазоне для двух- и трехфотонного зондирования эндогенных и генетически кодируемых белковых флуорофоров. Важным результатом работы является регистрация двухфотонных спектров возбуждения флуоресценции для некоторых флуоресцентных белков, широко используемых в исследованиях генерации активных форм кислорода (АФК), концентраций кальция в возбудимых клетках, ферроптоза и т.д. Эти спектральные данные необходимы для эффективного использования белковых сенсоров в комбинации с мультифотонной микроскопией и, как показано в работе, могут значительно отличаться от спектра поглощения белка. В результате выполнения были подобраны оптимальные режимы регистрации сигналов ряда белковых сенсоров для наблюдения за изменениями внутриклеточных концентраций перекиси (HyPer3 и HyPer7), ионов водорода (SynHer3s), кальция (GCaMP) и перхлоратов (Hypocrates2) на субклеточном уровне и *in vivo* в многокомпонентных и объемных тканях органов животных (мышь и рыбы). Отдельно хотелось бы отметить, что использование разработанных установок позволяет не только наблюдать за генетически кодируемыми сенсорами, но также получать дополнительную структурную информацию за счет генерации второй и третьей гармоники (ГВГ и ГТГ). Эта мультимодальность лазерной спектроскопии в сочетании с микроскопией высокого пространственного разрешения обеспечивает ряд новых экспериментальных возможностей для изучения активности клеток в норме и при патологиях, а также для разработки новых лекарственных препаратов.

На основании автореферата можно сделать вывод, что работа выполнена на высоком методическом уровне и открывает новые возможности для применения оптических методов для *in vivo* диагностики. Единственным замечанием, возникающим после прочтения автореферата остается отсутствие в нем традиционного раздела с выводами исследования.

Считаю, что работа «Мультимодальная нелинейно-оптическая микроскопия на основе использования ратиометрических флуоресцентных белковых сенсоров» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертационным работам, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.19. Лазерная физика.

« 12 » мая 2024 г.

Заведующий межкафедральной лабораторией физико-химии биомембран  
ведущий научный сотрудник кафедры биофизики  
Биологического факультета МГУ  
Доктор биологических наук  
по специальности 03.01.02. Биофизика

~~Максимов Евгений Георгиевич~~

Контактные данные:  
Тел.: +7 926 735 04 37  
e-mail: emaksimoff@yandex.ru

Я, Максимов Евгений Георгиевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета МГУ.013.4, и их дальнейшую обработку.

Е.Г. Максимов

Подпись Максимова Евгения Георгиевича заверяю  
Ученый секретарь Биологического факультета  
МГУ имени М.В.Ломоносова  
зав. научно-организационным отделом

Е.В. Петрова

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»,  
биологический факультет  
119234, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12  
Тел.: +7 (495) 939-27-76, +7 (495) 939-17-46  
info@mail.bio.msu.ru