

## Отзыв

на автореферат диссертации Ерофеева Александра Сергеевича  
«Нанокapиллярные сенсоры для исследования биофизических параметров единичных  
клеток под действием внешних факторов», представленную на соискание учёной степени доктора  
физико-математических наук по специальности  
1.5.2 – «Биофизика»

Известно, что важнейшими параметрами, влияющими на функциональные свойства клетки и её жизнедеятельность, являются концентрация активных форм кислорода (АФК), уровень молекулярного кислорода, pH и содержание ионов металлов. Эти параметры могут изменяться при различных патологиях, включая онкологические и нейродегенеративные заболевания. С помощью анализа отклонений этих физико-химических показателей можно проводить диагностику патологических процессов и разрабатывать новые методы терапии. Для нормальной жизнедеятельности клетки необходимо поддержание относительно стабильной нейтральной внеклеточной среды. Экстраклеточный ацидоз часто наблюдается при активации анаэробного гликолиза, что происходит в условиях опухолевого роста и воспаления. Кислая среда может способствовать как метастазированию опухолей, так и регулированию воспалительных реакций. У опухолевых клеток отмечается повышенный уровень АФК по сравнению с нормальными клетками, что связано с изменённым метаболизмом и нарушением внутренних механизмов регуляции окислительно-восстановительных реакций. Также опухолевые ткани часто характеризуются выраженной гипоксией. При нейродегенеративных заболеваниях, таких как болезнь Альцгеймера и Паркинсона, в определённых участках мозга возникает окислительное повреждение, что связано с окислительным стрессом. Таким образом, диссертационная работа Ерофеева А.С. посвящена актуальной тематике, разработке сенсоров на основе нанокapилляров для определения кинетики образования внутриклеточных АФК, градиента кислорода и локальных значений pH, а также для выявления ионов меди и платины в отдельных клетках и тканях.

Описанные в диссертации результаты обладают научной новизной, в том числе, разработан универсальный метод определения биофизических параметров клетки, позволяющий с помощью нанокapиллярных сенсоров проводить дифференцировку клеток и структур в нормальных и патологических условиях. Впервые был показан способ изготовления наноразмерных платиновых дисковых электродов для локального контроля АФК и молекулярного кислорода. Также была продемонстрирована уникальная возможность исследования образования АФК под воздействием терапевтических препаратов и внешних воздействий на уровне одиночных клеток, а также в ходе малотравматических *in vivo* исследований. Впервые разработан метод для количественной локальной электрохимической детекции медьсодержащих препаратов с использованием золотых модифицированных наноэлектродов, обладающих пределом обнаружения 0,1 мкМ. Этот метод открыл новые возможности для таргетированного сравнительного анализа накопления и распределения инновационных медных препаратов и их эффективности генерирования в одиночных клетках, 3D-сфероидах и опухолях мышей.

Практическая значимость диссертационной работы Ерофеева А.С. заключается в разработке уникального инструмента для оценки эффективности и механизма действия различных лекарств. Выбор перспективных кандидатов для доклинических испытаний позволит создавать новые эффективные химиотерапевтические агенты. В результате показана возможность создания широкого спектра сенсоров на базе наноразмерных капилляров благодаря использованию специфических окислительно-восстановительных потенциалов и селективных лигандов. Эти результаты открывают новые перспективы для дальнейшего изучения темы.

Результаты данной диссертационной работы опубликованы в 32 статьях в научных журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, а также на счету автора имеется 5 патентов на изобретения.

Диссертация Ерофеева Александра Сергеевича «Нанокapиллярные сенсоры для исследования биофизических параметров единичных клеток под действием внешних факторов» отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям, а также

«Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС», а ее автор, Ерофеев Александр Сергеевич, заслуживает присвоения степени доктора физико-математических наук по специальности 1.5.2 - «Биофизика».

Звягин Андрей Васильевич

Руководитель группы «Коллоидные системы в медицине»

Доктор физико-математических наук

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Научно-технологический университет «Сириус»»

Адрес: 354349, Краснодарский край, Федеральная территория «Сириус», Олимпийский пр., д. 1

Телефон: +7 (909) 924-91-16

Адрес электронной почты: zvyagin.av@talantiuspeh.ru

Дата отзыва 26.02.25. Подпись



Подпись сотрудника Автономной некоммерческой образовательной организации высшего образования «Научно-технологический университет «Сириус» А.В. Звягина удостоверяю:

Врио Директора  
АНОО ВО «Университет «Сириус»



О.С. Больняков