

ТРУДЫ
63-Й ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ МФТИ
23–29 НОЯБРЯ 2020
БИОЛОГИЧЕСКАЯ
И МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА

Министерство науки
и высшего образования
Российской Федерации

Московский
физико-технический институт
(национальный
исследовательский университет)



Москва
Долгопрудный
Жуковский
2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»

ТРУДЫ

63-й Всероссийской научной конференции МФТИ

23–29 ноября 2020

Биологическая и медицинская физика

Москва – Долгопрудный – Жуковский

МФТИ

2020

УДК 61:53:57
ББК 51:22.3:28.07
Т78

Т78 **Труды 63-й Всероссийской научной конференции МФТИ
23–29 ноября 2020 года. Биологическая и медицинская физика. —**
Москва : МФТИ, 2020. — 140 с.
ISBN 978-5-7417-0758-6

Включены результаты оригинальных исследований студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников МФТИ и дружественных учебных и научных организаций. Статьи представляют интерес для специалистов, работающих в области биологической и медицинской физики.

УДК 61:53:57
ББК 51:22.3:28.07

ISBN 978-5-7417-0758-6

© Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования «Московский физико-технический
институт (национальный исследовательский
университет)», 2020

Оглавление

Программный комитет конференции.....	7
Организационный комитет конференции	8
СЕКЦИЯ КЛЕТОЧНЫХ И ГЕНОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	9
Анализ и предсказание эффекта коротких инделов в белках.....	10
Влияние вышестоящих регуляторных регионов и промоторов на связь между бактериофагами и их хозяевами	12
Влияние спектрального состава света на образование флавонов в <i>in vitro</i> культурах <i>Scutellaria baicalensis</i> GEORGI	13
Выбор и получение объектов для разработки методики определения генотоксичности с использованием высокопроизводительного секвенирования	14
Выявление возбудителей острых кишечных инфекций человека методом высокопроизводительного секвенирования	15
Выявление новых генетических локусов, ассоциированных с эндотелиальной дистрофией роговицы Фукса.....	17
Идентификация молекулярной эволюции человека с помощью генных сетей.....	19
Изменение врожденного иммунитета астроцитов в ответ на метаболические адаптации.....	19
Изучение вклада фосфолипазы PLA2G16 в эффективность репликации непатогенных онколитических энтеровирусов	21
Изучение пролиферативной активности фибробластов на полимерных матриксах из биоразлагаемых полимеров.....	22
Инфекционные процессы бактериофага ϕ 24B	23
Исследование роли нерецепторных киназ семейства Src в прогрессии злокачественных заболеваний.....	25
Метаболические изменения в гепатоцитах при инфекции вирусом гепатита С: исследование в физиологической среде.....	25
Метилирование ДНК как фактор, ассоциированный со стабильностью генома	27
Неравновесная модель короткодействующей репрессии при регуляции транскрипции генов.....	29
Обнаружение нового представителя рода <i>Atadenovirus</i> в биологических образцах позвоночных с использованием методики, подобной метабаркодингу	30
Оптимизация метаболизма <i>Escherichia coli</i> для продукции яблочной кислоты по оксидативной ветви цикла трикарбоновых кислот из глюкозы.....	31
Нокаут сиалитрансфераз, как стратегия формирования резистентности к вирусу гриппа А	32
Оптимизация протокола идентификации CNV по данным.....	33
экзомного секвенирования	33
Поиск новых интеракторов P73 при помощи проксимального мечения	34
Полиморфизмы генов FAD3, определяющие содержание линоленовой кислоты в льняном масле, и тест-система для их идентификации	35
Получение высококачественной сборки генома тополя <i>Populus x sibirica</i> для определения структуры полового локуса.....	36

Получение полноразмерного функционального никотинового рецептора типа $\alpha 7$ в клетках HEK293.....	38
Системы DGR в антивирусном иммунитете бактерий	40
Стабильность бактериофагов в сыворотке крови.....	42
Филогенетический анализ компенсированных болезнетворных мутаций у человека	44
Функциональная аннотация протеоформ человека, образованных в результате альтернативного сплайсинга, путем анализа интерактомной карты, построенной на основе AP-MS данных	46
Характеристика биологических свойств и особенностей организации генома бактериофага, специфически инфицирующего <i>Acinetobacter baumannii</i> капсульный тип 47.....	47
СЕКЦИЯ ФИЗИКИ ЖИВЫХ СИСТЕМ.....	49
Анализ стабильности люциферазы светляков <i>Luciola mingrelica</i> при денатурации мочевиной ...	49
Способ моделирования и классификации патологий миокарда на основе новых представлений о магнитофизике миокарда	51
Воздействие магнитной гипертермии опосредованной наночастицами оксида железа на жизнеспособность клеток рака молочной железы MDA-MB-231	52
Доступная система для оптического картирования с открытым программным обеспечением.....	53
Измерение активационных характеристик быстрых натриевых каналов кардиомиоцита человека при физиологической температуре	55
Изучения полиморфизма генов ожирения у студентов ИАТЭ	56
Исследование формирования сердечной ткани при патологических условиях	58
Исследование характеристик МРТ-совместимого составного магнита для кохlearной имплантации	60
Липид-белковый синергизм в морфологии биологических мембран	61
Модельная система имплантации кардиальных клеток с помощью полимерных микроволокон.....	62
Оценка геропротекторной активности производных Витаферина-А на модели нематод <i>Caenorhabditis elegans</i> с применением инновационных компьютерных технологий и устройств.....	64
Получение области возникновения реентри на моно слоях желудочковых кардиомиоцитов с помощью математического моделирования	65
Разработка алгоритма кодирования звука для системы кохlearной имплантации	66
Синтез и физико-химическое исследование димерных наночастиц магнетит-золото	67
Технология выделения клеток из нематод <i>Caenorhabditis elegans</i> -модельных объектов для изучения воздействия космической радиации на живые организмы	69
Технология регистрации нейронной активности при помощи миниатюрного флуоресцентного микроскопа в исследовании нейронно-сетевых механизмов пластичности	70
Экспериментальное обоснование тополого-физиологической модели электропроводящей системы сердца, основанной на новых представлениях об анатомии миокарда	71
СЕКЦИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ.....	73
Адресные противораковые наночастицы полилактид-ко-гликолида, загруженные фотосенсибилизаторами, для детекции и фотоиндуцируемой элиминации HER2-сверхэкспрессирующих опухолей	73
Active compounds extracted from <i>Hermetia illucens</i> larvae fat inhibit phytopathogenic bacteria.....	74
Бактерицидный порошковый материал медицинского назначения	76
Биосовместимые наночастицы Ge, полученные методом фемтосекундной лазерной абляции	77

Блокировка макрофагов наночастицами <i>in vivo</i> в различных иммунных состояниях	78
Виртуальный скрининг флавоноидов как ингибиторов папаиноподобной протеазы коронавируса SARS-CoV-2.....	79
Включение НПВС в металлоорганические каркасы на основе γ -циклодекстрина	80
Влияние ионов ртути на способность <i>Chlorella vulgaris</i> образовывать колонии клеток	82
Влияние нуклеотидной последовательности фосфорилгуанидиновых олигонуклеотидов на их гибридизационные свойства и структуру дуплексов.....	84
Влияние рекомбинантного белка Slurp-1 на рост и миграцию клеток первичных линий меланомы.	85
Детонационные наноалмазы: возможность применения в препаратах фотодинамической терапии	87
Изучение биологической деградации наноструктурированных полимерных материалов	88
Изучение фотодинамической активности фталосенса на модели нематод <i>C. elegans</i>	90
Воздействие магнитной гипертермии опосредованной наночастицами оксида железа на жизнеспособность клеток рака молочной железы MDA-MB-231	92
Иммобилизация урана в полисахаридном матриксе микробных биопленок при <i>in situ</i> биоремедиации водоносных горизонтов вблизи шламохранилищ	93
Инновационный метод контроля серосодержащих соединений в пищевых продуктах	94
Исследование антиоксидантной активности экстрактов плодов рябины обыкновенной методом биотестирования	96
Исследование взаимодействия эмолина с модельными липидными мембранами	97
Исследование донорно-акцепторных свойств тиосемикарбазона Dp44mT и его комплексов с ионами Zn в фотохимических реакциях методами ЯМР и ХПЯ	98
Исследование степени биodeградации полимерного покрытия барьерного типа, модифицированного биоцидами.....	99
Исследование формирования липид-детергентных частиц в смесях трифторэтанол-вода.....	100
Капсулированная форма доцетаксела для адресной доставки в раковые клетки.....	101
Липидная нанотрубка как нанофлюидное устройство для детекции одиночных молекул.....	103
Механоиндуцируемая клеточная гибель, вызванная низкочастотным высокоградиентным магнитным	104
Многофункциональные биосовместимые наночастицы для фототермической терапии	105
Многофункциональные наноагенты на основе углеродных квантовых точек и суперпарамагнитных наночастиц	106
Молекулярное моделирование и атеропротекторные свойства производного хинолин-4-он 3-оксобутаноата <i>in vivo</i>	107
Наночастицы магнетита для терапии HER2-положительных опухолей.....	108
Наночастицы серебра как потенциальный.....	110
Новые синтетические агонисты никотиновых ацетилхолиновых рецепторов: молекулярный дизайн и активность <i>in vitro</i>	111
Новый атмосферный источник ионов для быстрого профилирования биологических объектов на основе ионизации электрораспылением.....	112
Окислительно-восстановительная активность хелатных комплексов тиосемикарбазона Dp44mT в реакциях перекисного окисления липидов.....	114

Определение олигомерного состояния белка по АСМ-данным	114
Оценка биодоступности метформина в условиях модельного липидного бислоя и при изменении диеты экспериментальных животных	116
Оценка действия гамма-излучения на содержание малонового диальдегида в проростках ячменя посевного (<i>Hordeum sativum</i>)	117
Разработка вычислительной среды для моделирования минерального состава природной воды.....	119
Разработка многофункциональных наноагентов для биовизуализации на основе BRET между люциферазой и квантовыми точками.....	121
Разработка прибора и программного обеспечения для обработки экспериментальных данных по изучению воздействия космических лучей на нематоды <i>Caenorhabditis elegans</i>	122
Роль нативно неупорядоченных белков в процессах старения.....	123
Роль трансмембранного домена в автофосфорилировании рецептора, подобного рецептору инсулина (IRR)	124
Серебряные наночастицы для адресной фототермической терапии раковых заболеваний.....	125
Система адресной доставки лекарственных средств на основе MIL-101 (Fe).....	126
Создание тест-системы, основанной на микобактериальных Mmp5-MmpL5 транспортерах, для скрининга потенциальных антимикобактериальных препаратов.....	127
Сравнение и анализ различий биологических свойств магнитных наночастиц <i>in vitro</i>	128
Структурное разнообразие и динамика «трехпетельных» белков человека по данным ЯМР-спектроскопии.....	130
Флуоресцентные свойства серебряных нанокластеров, стабилизированных цитозин-богатой нитью ДНК, комплементарной G-квадруплексу	131
Фотосенсибилизаторы I типа на основе фуллерена [60] и производных хлориновых и цианиновых красителей.....	132
Эволюция тубулина: выявление молекулярной основы динамической нестабильности бактериальных тубулинов	134
Электропроводящий гидрогель на основе PEDOT:PSS.....	135
Электроспиннинг матриц с регулярным рельефом для изучения морфологии кератиноцитов линии HaCaT.....	136
Электрохимические редокс-потенциалы нитроксильных производных биополимера хитозана по данным молекулярно-динамического моделирования и квантово-химических расчетов.....	137

Программный комитет конференции

Н.Н. Кудрявцев, ректор МФТИ – председатель

В.А. Баган, проректор по научной работе – заместитель председателя

А.А. Воронов, проректор по учебной работе, и.о. директора ЛФИ

Е.А. Белянко, директор ФРКТ

С.С. Негодяев, директор ФАКТ

В.В. Иванов, директор ФЭФМ

А.М. Райгородский, директор ФПМИ

Д.В. Кузьмин, директор ФБМФ

П.А. Форш, директор ИНБИКСТ

Организационный комитет конференции

Д.А. Диких, руководитель направления «Образование» ЦУП – председатель

С.О. Русскин, представитель ФРКТ

Е.Ю. Чиркина, представитель ЛФИ

Ю.А. Борисов, представитель ФАКТ

А.В. Шадрин, представитель ФЭФМ

Е.Г. Молчанов, представитель ФПМИ

Е.Е. Куликов, представитель ФБМФ

Е.И. Нехаева, представитель ИНБИКСТ

М.В. Костелева, представитель УНЦ ГСН

М.В. Кучеренко, представитель инновационно-технологического центра

Е.П. Яковлева, начальник отдела содействия трудоустройства выпускников

Е.Д. Жебрак, начальник отдела координации поисковых исследований

Секция физико-химической биологии и биотехнологии

Председатель: З.О. Шенкарев (д. ф.-м. н., проф.), А.С. Заседателев (д. ф.-м. н., проф.), Е.Е. Куликов (к. б. н.)

Зам. председателя: П.В. Пантелеев (к. х. н.), В.Н. Лазарев (д. б. н., доц.), Е.И. Марусич (к. б. н.)

Секретарь: К.А. Провоторова, М.В. Молдавер, И.М. Афанасьев

Дата: 24.11.2020 Время: 10:00

УДК 577.29

Разработка многофункциональных наноагентов для биовизуализации на основе BRET между люциферазой и квантовыми точками

Е.Е. Маркелова¹, А.А. Сизиков¹, Е.А. Волкова², А. Рынгач¹, А.В. Ярёмченко^{1,3}, Никитин М.П.^{1,3}

¹Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)

²Первый московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова

³Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН

Биолюминесценция и флуоресценция – хорошо изученные типы люминесценции, различные по своему механизму. При биолюминесценции излучение света происходит за счёт выделения энергии в виде фотонов при протекании химической реакции между молекулами фермента и субстрата (люциферина). В то время как при флуоресценции молекулы не могут сами произвести фотоны – сначала должно произойти поглощение агентом внешнего света с меньшей длиной волны (переход в возбуждённое состояние). Явления флуоресценции и биолюминесценции широко применяются в сфере биовизуализации, так как позволяют создавать световые маркеры для картирования расположения заданных клеток, для определения наличия и концентрации заданных веществ. Они незаменимы для таких анализов, как, например, биовизуализация раковых опухолей [1]. Тем не менее, каждое из упомянутых явлений при использовании имеет как ряд достоинств, так и ряд ограничений.

При любом люминесцентном анализе биологического образца присутствует фоновый сигнал, который исходит от рассматриваемого образца. В случае флуоресценции, этот сигнал появляется из-за воздействия внешнего волнового возбуждения не только на введённые флуоресцирующие агенты, но и на флуоресцирующие вещества (например, флавины, липофусцин), которые в норме встречаются в биологических образцах. Серьёзным преимуществом биолюминесценции с использованием системы фермент-люциферин является слабый фоновый сигнал [2], так как при таком анализе не требуется внешнее волновое возбуждение. По этой причине, нижний предел измерений при использовании биолюминесценции ниже, чем при использовании флуоресценции, и, следовательно, биолюминесцентная визуализация позволяет регистрировать меньшие концентрации люминесцирующих агентов.

Недостатком биолюминесцентной визуализации является то, что системы фермент-люциферин излучают свет, лежащий в видимой области спектра, который может быть поглощён хромофорами (например, гемоглобином, меланином) в составе биологических образцов [3]. Спектр поглощения органов и тканей смещён в коротковолновую область, поэтому при измерениях *in vivo* или образцов с большой толщиной, световые волны от биолюминесценции могут затухать до момента достижения поверхности, и вероятность их зарегистрировать понижается. С другой стороны, при флуоресцентной визуализации данная проблема может быть легко решена, так как многие флуоресцирующие агенты, такие как флуоресцентные красители, белки или квантовые точки могут иметь пик излучения в ближней инфракрасной области, где большинство биологических объектов являются оптически прозрачными.

Чтобы собрать воедино преимущества двух подходов к биовизуализации, был рассмотрен биолюминесцентный резонансный перенос энергии (BRET), являющийся своеобразным объединением явлений биолюминесценции и флуоресценции [4]. При BRET происходит взаимодействие люциферина со структурой фермент-флуоресцирующий агент. Энергия, излучаемая в процессе биолюминесценции, остаётся в системе и переносится на флуоресцирующий агент, вызывая протекание флуоресценции. Такая схема анализа даёт слабый фоновый сигнал, а излучаемые световые волны

смещены в длинноволновую область и не подвергаются сильному затуханию в образце. В качестве флуоресцирующего агента в такой системе широко распространено применение квантовых точек – группы наночастиц, движение носителей зарядов в которых ограничено по всем трём измерениям. Их преимущество состоит в высоком квантовом выходе и широких возможностях для модификации поверхности [5].

Однако, несмотря на успешность использования BRET, в литературных источниках мало данных об оптимальных условиях построения и применения системы из люциферина и конъюгата люциферазы с квантовой точкой. В данной работе была проведена оптимизация реакции конъюгации квантовых точек с люциферазой NanoLuc [6]. Были использованы квантовые точки, различающиеся по размеру и свойствам, с целью распространения применения данной реакции. Высокая устойчивость люциферазы NanoLuc, по сравнению с другими существующими люциферазами, позволила провести сравнение эффективности (с точки зрения интенсивности BRET) конъюгации в широком диапазоне условий взаимодействия. Люцифераза NanoLuc излучает световые волны длиной 450 нм в процессе реакции с субстратом (коэлюцентеразином h). В то время как с помощью систем, полученных в данной работе, был произведён переход к волнам длиной около 680 нм. Особенно перспективные результаты показали 2 пары люциферазы с квантовыми точками.

Полученные конъюгаты открывают новые возможности для менее инвазивной оптической биовизуализации *in vivo*, например, при определении наличия и расположения онкологических новообразований. В дальнейшем планируется изучение *in vivo* безопасности полученных конъюгатов и рассмотрение вариантов применения разработанной системы с BRET, путём добавления сторонних молекул в путь переноса энергии между люциферазой и квантовой точкой, с целью использовать полученные агенты в области *in vitro* и *in vivo* биосенсорики.

Литература

1. Choy G., Choyke P., Libutti S.K. Current advances in molecular imaging: noninvasive *in vivo* bioluminescent and fluorescent optical imaging in cancer research // *Molecular imaging*. 2003. V. 2. P. 303
2. Troy T. [et al.]. Quantitative comparison of the sensitivity of detection of fluorescent and bioluminescent reporters in animal models // *Molecular imaging*. 2004. V. 3. P. 9
3. Zhao H. [et al.]. Emission spectra of bioluminescent reporters and interaction with mammalian tissue determine the sensitivity of detection *in vivo* // *Journal of biomedical optics*. 2005. V. 10. P. 041210
4. Xu Y., Piston D.W., Johnson C.H. A bioluminescence resonance energy transfer (BRET) system: application to interacting circadian clock proteins // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1999. V. 96. P.151
5. Xia Z., Rao J. Biosensing and imaging based on bioluminescence resonance energy transfer // *Current opinion in biotechnology*. 2009. V. 20. P. 37
6. Hall M.P. [et al.]. Engineered luciferase reporter from a deep sea shrimp utilizing a novel imidazopyrazinone substrate // *ACS chemical biology*. 2012. V. 7. P. 1848

Научное издание

Труды
63-й Всероссийской научной конференции МФТИ

23–29 ноября 2020

Биологическая и медицинская физика

Составители:
Д.А. Диких, Е.Е. Куликов

Редакторы:
В.А. Дружинина, И.А. Волкова

Набор и вёрстка:
Д.А. Колпаков

Подписано в печать 20.11.2020. Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 9,6. Тираж 70 экз. Заказ №44.
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»
141700, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., 9

Отпечатано в полном соответствии с предоставленным оригиналом-макетом
Типография «М-Принт»
105082, г. Москва, ул. Ф.Энгельса, д.75, стр.21



**Контактная информация
оргкомитета конференции:**

117303, г. Москва, ул. Керченская, д. 1А, корп. 1
+7 498 744-65-52
conf@mipt.ru

**Официальный сайт
конференции**
conf.mipt.ru

ISBN 978-5-7417-0758-6



9 785741 707586 >