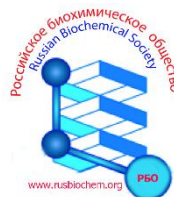


---

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ АКАДЕМИЙ НАУК (МААН)  
СОЮЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЩЕСТВ СТРАН СНГ  
ФЕДЕРАЦИЯ ЕВРОПЕЙСКИХ БИОХИМИЧЕСКИХ ОБЩЕСТВ (FEBS)  
РОССИЙСКОЕ ОБЩЕСТВО БИОХИМИКОВ И МОЛЕКУЛЯРНЫХ БИОЛОГОВ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД  
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ  
ИНСТИТУТ ИММУНОФИЗИОЛОГИИ

---



## II ОБЪЕДИНЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

VI СЪЕЗД ФИЗИОЛОГОВ СНГ

VI СЪЕЗД БИОХИМИКОВ РОССИИ

IX РОССИЙСКИЙ СИМПОЗИУМ «БЕЛКИ И ПЕПТИДЫ»

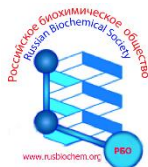
# НАУЧНЫЕ ТРУДЫ

*Под редакцией*

*Р.И. Сепиашвили, В.А. Ткачука, А.Г. Габимова,  
А.И. Григорьева, В.Т. Иванова, М.А. Островского*

Сочи – Дагомыс, Россия  
1–6 октября 2019

УДК 57  
ББК 28я43  
В87



*Под редакцией Р.И. Сепиашвили, В.А. Ткачука, А.Г. Габиева,  
А.И. Григорьева, В.Т. Иванова, М.А. Островского*

В87 **II ОБЪЕДИНЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ  
♦VI СЪЕЗД ФИЗИОЛОГОВ СНГ  
♦ VI СЪЕЗД БИОХИМИКОВ РОССИИ  
♦ IX РОССИЙСКИЙ СИМПОЗИУМ «БЕЛКИ И ПЕПТИДЫ»  
(Сочи, Дагомыс, 1–6 октября 2019).  
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ. Том 2. – М.: Издательство «Перо», 2019. – с.299**

ISBN 978-5-00150-519-8 (Общ.)

ISBN 978-5-00150-521-1 (Т.2.)

## Содержание

### ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Пленарные доклады	3
Химия и биология нуклеиновых кислот	7
Белки и пептиды	38
Геном. Протем. Метаболом	142
Функциональная геномика	171
Биохимия и молекулярная медицина	179
Биоинженерия: фундаментальные основы и приложения	249
Биохимия растений	265
Гликобиология	271
Молекулярный имиджинг	282
<b>АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ</b>	<b>289</b>

---

Сборник научных трудов включает материалы актовых и пленарных лекций, симпозиальных докладов, выступлений на заседаниях круглых столов и стендовых докладов, представленных на VI Съезде физиологов СНГ, VI Съезде биохимиков России и IX Российском симпозиуме «Белки и пептиды», которые прошли в рамках II Объединенного научного форума в Сочи–Дагомысе, 1–6 октября 2019 года. Тематика представленных докладов охватывает актуальные разделы физиологии, биоорганической химии, биотехнологии, молекулярной биологии и смежных дисциплин.

Книга рассчитана не только на специалистов, работающих в разных областях биомедицинских наук, но и на студентов, аспирантов, преподавателей и научных работников, интересующихся проблемами наук о жизни.

---

ISBN 978-5-00150-519-8 (Общ.)

ISBN 978-5-00150-521-1 (Т.2.)



УДК 57  
ББК 28я43

© Союз физиологических обществ стран СНГ, 2019  
© Российское общество биохимиков и молекулярных биологов, 2019  
© Коллектив авторов, 2019

## ВНЕКЛЕТОЧНЫЕ ЛИПИДНЫЕ ВЕЗИКУЛЫ, ЭКЗОСОМЫ, И МАГНИТНЫЕ НАНОСТЕРЖНИ: РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Е.О. Куценко<sup>1</sup>, И.М. Ле-Дейген<sup>1</sup>, А.Д. Усвалиев<sup>1</sup>, А.О. Жигачев<sup>2</sup>, Д.Ю. Головин<sup>2</sup>, М.Ж. Haney<sup>3</sup>, E.V. Batrakova<sup>3</sup>, A.V. Kabanov<sup>1,3</sup>, Ю.И. Головин<sup>1,2</sup>, Н.Л. Клячко<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Кафедра химической энзимологии, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва; <sup>2</sup>Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Тамбов, Россия; <sup>3</sup>University of North Carolina at Chapel Hill, Chapel Hill, North Carolina, USA

На сегодняшний день известно огромное количество различных лекарственных веществ. Однако часто они обладают рядом недостатков, среди которых, низкая растворимость, короткое время циркуляции в крови, быстрый вывод из организма. Именно поэтому системы доставки лекарственных препаратов представляют большой интерес для ученых. Среди них, одной из наиболее перспективных нам представляются экзосомы. Эти внеклеточные везикулы встречаются в большинстве биологических жидкостей и обеспечивают межклеточную коммуникацию. Благодаря особенностям генезиса, поверхность экзосом представляет собой своеобразную копию поверхности материнской клетки. Это важное свойство можно использовать для направленной доставки лекарственных препаратов.

Однако до сих пор стоит вопрос о контролируемом высвобождении содержимого из подобных везикул. Одним из решений данной проблемы могут стать комплексы экзосом с магнитными наностержнями. Помещенные в переменное низкочастотное магнитное поле (МП) наночастицы могут колебаться, тем самым разрыхляя экзосомальную мембрану и способствуя ускоренному высвобождению лекарства. Для слежения за изменениями текучести мембраны нами было предложено использовать два основных метода – ИК-спектроскопию Фурье и флуоресцентную спектроскопию. Таким образом, целью данной работы стала разработка комплексного подхода к изучению влияния магнитного поля на комплексы экзосом с магнитными наностержнями.

В виду сложности состава экзосом ИК-спектр везикул характеризуется многочисленностью полос поглощения. Для анализа состояния мембраны целесообразно использовать два пика, соответствующие симметричным и асимметричным колебаниям  $\text{CH}_2$ -групп липидов ( $2853 \pm 5 \text{ см}^{-1}$  и  $2926 \pm 5 \text{ см}^{-1}$ ). Нами было показано, что после пяти минут экспозиции комплексов экзосом с магнитными наностержнями в магнитном поле структура указанных полос изменяется. В частности, в структуре полосы поглощения, соответствующей асимметричным колебаниям  $\text{CH}_2$ -групп ( $2921 \text{ см}^{-1}$  до экспозиции в МП), наблюдается образование плеча на  $2924 \text{ см}^{-1}$ , что свидетельствует о повышении подвижности ацильных хвостов и разрыхлении экзосомальной мембраны.

Наблюдаемый эффект повышения текучести экзосомальной мембраны после экспозиции комплексов в МП поле был подтвержден флуоресцентной спектроскопией. Для этого предварительно в экзосомальную мембрану вводили метку-репортер. В данной работе нами была использована липидная метка B9PPC на основе BODIPY. Аналитическим сигналом является поляризация флуоресценции, снижение которой свидетельствует о разрыхлении мембраны. Для более детального изучения влияния магнитного поля на состояние мембраны экзосом варьировали время экспозиции в МП, а также параметры МП – величину магнитной индукции и частоту. Установлено, что для каждого набора параметров магнитного поля существует свое время наибольшего разрыхления мембраны. Это время наступает тем раньше, чем больше магнитная индукция и меньше частота МП. Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 17-54-33027 и 18-29-09154.

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОНИКНОВЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ СУПЕРОКСИДИСМУТАЗЫ ВО ВНУТРЕННИЕ СТРУКТУРЫ ГЛАЗА

А.Н. Ванеев<sup>1,2</sup>, О.А. Кост<sup>1</sup>, Н.Б. Чеснокова<sup>4</sup>, О.В. Безнос<sup>4</sup>, П.В. Горелкин<sup>5</sup>, А.С. Ерофеев<sup>2</sup>, Н.Л. Еремеев<sup>2</sup>, A.V. Kabanov<sup>1,3</sup>, Н.Л. Клячко<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва; <sup>2</sup>ООО «НаноПрофайлинг», Инновационный центр «Сколково», Москва, Россия; <sup>3</sup>University of North Carolina at Chapel Hill, USA; <sup>4</sup>НИИ офтальмологии им. Гельмгольца, Москва; <sup>5</sup>ООО «Медицинские нанотехнологии», Инновационный центр «Сколково», Москва, Россия

В настоящее время ведется активный поиск новых средств для лечения заболеваний глаз, связанных с воспалительными процессами. Одним из таких заболеваний является увеит. В патогенезе увеита важную роль играет окислительный стресс, результатом которого может быть появление большого количества активных форм кислорода, и поэтому введение антиоксидантов может оказаться эффективным. Антиоксидантные ферменты, такие как супероксиддисмутаза (СОД) и каталаза, обладают на порядок большей эффективностью по сравнению с низкомолекулярными антиоксидантами. Однако местное введение нативных ферментов (в виде глазных капель) оказывается неэффективным в связи с их быстрым выведением. Поэтому важно создать систему, которая будет обладать большим временем удерживания в области глазных тканей и выполнять свои функции в течение длительного времени. На первом этапе работы были получены наночастицы СОД на основе блок-иономерных комплексов с полиионами. Для этого к раствору СОД добавляли раствор протамина (поликатион), а затем раствор полианиона ПЭГ-ПП (сополимер метокси-поли(этиленгликоль)<sub>113</sub>-блок-поли(L-глутаминовой кислоты натриевая соль)<sub>50</sub>). Затем добавляли глутаровый альдегид (0,5% водный раствор) для сшивки аминокислот СОД и полимеров. Побочные продукты и непрореагировавшие реагенты удаляли центрифугированием с использованием мембранной фильтрующей системы. После чего модифицировали наночастицы СОД хитозаном, добавляли раствор хитозана. На втором этапе работы инстиллировали наночастицы СОД и наночастицы СОД, модифицированные хитозаном, в глаза кроликов, отбирали слезную жидкость и внутриглазную жидкость с течением времени. В слезной жидкости возрастание активности СОД наблюдается через 5 минут после инстилляции, далее происходит понижение активности с выходом на первоначальный уровень спустя час. Однако наночастицы СОД с хитозаном удерживаются гораздо лучше на поверхности глаз, чем не модифицированные наночастицы СОД и сам нативный фермент. Также было отмечено возрастание активности СОД во внутриглазной жидкости, что свидетельствует о проникновении наночастиц в переднюю камеру глаза. Таким образом, было продемонстрировано, что наночастицы СОД и наночастицы СОД, покрытые хитозаном, во-первых, лучше удерживаются на поверхности слизистой оболочки глаза по сравнению с раствором нативного фермента, во-вторых, способны проникать во внутренние структуры глаза. Работа выполнена при финансовой поддержке ГК 14.N08.11.0079 (МОН).