



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
ИНСТИТУТ БИОФИЗИКИ И КЛЕТОЧНОЙ ИНЖЕНЕРИИ НАН БЕЛАРУСИ

# МОЛЕКУЛЯРНЫЕ, МЕМБРАННЫЕ И КЛЕТОЧНЫЕ ОСНОВЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БИОСИСТЕМ

**Тезисы докладов  
16-й Международной научной конференции**

**Республика Беларусь  
Минск, 25–27 июня 2024 г.**

Научное электронное издание

МИНСК, БГУ, 2024

УДК 557.3(06)  
ББК 28.07я431

**Редакционная коллегия:**

доктор биологических наук, профессор *Г. Г. Мартинович* (гл. ред.);  
доктор биологических наук, профессор,  
академик НАН Беларуси *И. Д. Волотовский*;  
кандидат биологических наук *Л. М. Лукьяненко*;  
доктор биологических наук, профессор,  
член-корреспондент НАН Беларуси *Е. И. Слобожанкина*;  
доктор биологических наук, профессор,  
член-корреспондент НАН Беларуси *Л. Ф. Кабашишникова*;  
доктор биологических наук, доцент *В. Г. Вересов*;  
доктор биологических наук, профессор *Д. Г. Щербин*;  
кандидат биологических наук *Н. Г. Антонец*;  
кандидат биологических наук *Е. В. Князева*;  
кандидат медицинских наук, доцент *А. Е. Гончаров*

**Рецензенты:**

доктор биологических наук, профессор *И. Б. Заводник*;  
кандидат биологических наук *Е. В. Шамова*

**Молекулярные**, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем [Электронный ресурс] : тез. докл. 16-й Междунар. науч. конф., Респ. Беларусь, Минск, 25–27 июня 2024 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Г. Г. Мартинович (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2024. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-985-881-648-3.

Рассмотрены современные фундаментальные и прикладные аспекты приоритетных направлений научных исследований в области биофизики, молекулярной биологии, клеточной инженерии, нанобиотехнологий, биологии стволовых клеток, иммунологии, вирусологии и др.

---

**Минимальные системные требования:**

PC, Pentium 4 или выше; RAM 1 Гб; Windows XP/7/10;  
Adobe Acrobat

Оригинал-макет подготовлен в программе Microsoft Word

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *О. Д. Бичан*

Подписано к использованию 20.06.2024. Объем 2,6 МБ

Белорусский государственный университет.  
Управление редакционно-издательской работы.  
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.  
Телефон: (017) 259-70-70.  
e-mail: [urir@bsu.by](mailto:urir@bsu.by)  
<http://elib.bsu.by>

<i>Мартинovich Г. Г., Войнаровский В. В., Мартинovich И. В.</i> Биофизическая модель двухфазного адаптационного ответа опухолевых клеток при окислительном стрессе .....	217
<i>Мороз Г. Д., Вахрушева Т. В., Соколов А. В., Юдин М. С., Варижук А. М., Алиева С. Э., Лазарев В. Н., Панасенко О. М.</i> Взаимодействие миелопероксидазы и катионных антимикробных пептидов .....	218
<i>Мотевич И. Г., Попко Н. М., Шульга А. В., Маскевич С. А., Стрекаль Н. Д.</i> Флуоресцентные наночастицы CdSe/ZnS в диагностике патологий яичников .....	220
<i>Мурина М. А., Милойкович Л. А., Аносов А. К., Роцупкин Д. И.</i> Хлораминовые производные структурных аналогов аденозина – новые антиагреганты ковалентного типа действия .....	221
<i>Мурина М. А., Михальчик Е. В., Роцупкин Д. И.</i> Клеточная избирательность действия хлораминовых производных структурных аналогов аденозина .....	222
<i>Надеев А. Д., Федотова Е. И., Крицкая К. А., Бережнов А. В.</i> Активаторы митохондриальной функции как потенциальные нейропротекторы при болезни Паркинсона .....	224
<i>Осипов А. Н., Макаров А. Ю., Волков В. В., Ионова Е. Д., Стручкова А. А., Сучков М., Смолева С., Степанов Г. О.</i> Роль пероксида водорода в апоптотических реакциях цитохрома C .....	225
<i>Петухов В. И., Дмитриев Е. В.</i> Гомеостаз электрогенных металлов в эпидермисе как феномен самоорганизованной критичности .....	226
<i>Семенкова Г. Н., Адзерихо И. Э., Амаэзбери Н. В., Кулагова Т. А., Владимирская Т. Э.</i> Новый взгляд на роль оксидативного стресса в развитии легочной артериальной гипертензии .....	227
<i>Сидоренко А. В., Солодуха Н. А.</i> Оценка эмоции отвращения человека под воздействием электромагнитного шума из диапазона WiFi .....	228
<i>Скоробогатова А. С., Венская Е. В., Садовничук М. Д., Аляхнович Н. С.</i> Содержание ионов титана в эритроцитах и плазме крови пациентов с выявленной гиперчувствительностью к диоксиду титана .....	229
<i>Слобожанина Е. И., Шамова Е. В.</i> Металлотиионеины в прогнозировании терапии пациентов с хроническим лимфоцитарным лейкозом .....	230
<i>Смаглий Л. В., Демкин В. П., Светлик М. В., Мельничук С. В., Руденко Т. В., Акинина М. Д.</i> Физико-математическая модель механической стимуляции волосковых клеток отолитовых органов крысы .....	232
<i>Султанова Г. Г., Ганиева Р. А., Дадашева С. Б., Мамедова Х. Х., Гасимова В. Х., Гусейнова Н. Б.</i> Анализ активности ацетилхолинэстеразы <i>in silico</i> с применением молекулярного докинга .....	234
<i>Сысоев М. Д., Игнатова А. А., Сунцова Е. В., Пантелеев М. А.</i> Оценка статуса десИАИрования тромбоцитов с помощью флуоресцентно меченых лектинов .....	235
<i>Тарасов Д. С., Самцов М. П., Воронай Е. С.</i> Фотоиндуцированное образование синглетного кислорода индотрикарбоцианиновым красителем с объемными заместителями в структуре молекулы .....	236

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ СТИМУЛЯЦИИ ВОЛОСКОВЫХ КЛЕТОК ОТОЛИТОВЫХ ОРГАНОВ КРЫСЫ

Л. В. Смаглий<sup>1-3</sup>, В. П. Демкин<sup>1</sup>, М. В. Светлик<sup>1</sup>, С. В. Мельничук<sup>1</sup>,  
Т. В. Руденко<sup>1,2</sup>, М. Д. Акинина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Томский государственный университет, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия

<sup>3</sup>Северский биофизический научный центр, г. Северск, Россия

Вестибулярная система человека обеспечивает восприятие информации об изменении положения тела в пространстве и последующее перераспределение мышечного тонуса и сохранение равновесия. Функциональные нарушения вестибулярной системы вызывают постуральную нестабильность, осциллопсию и хроническое нарушение равновесия. При двухсторонней вестибулярной дисфункции единственным методом лечения является имплантация вестибулярного протеза. Изучение механизмов работы вестибулярного аппарата человека *in vivo* очень сложна, в связи с чем эффективным методом является физико-математическое моделирование и последующая проверка результатов расчетов с экспериментальными результатами, полученными на лабораторных животных [1]. Отолитовые органы (утрикула и саккула) наряду с полукружными каналами обеспечивают интегративный ответ на изменение положения головы. Гетерогенное строение отолитовой мембраны, включающей три слоя (гель-слой, мэш-слой, слой отолитов), а также различная чувствительность афферентов стриолярной и экстрастриолярной области к высоко- и низкочастотным стимулам не позволяют однозначно определить экспериментальными методами параметры электрической стимуляции при протезировании вестибулярного аппарата. В связи с этим нами предложена физико-математическая модель динамики отолитовых органов, учитывающая структурно-морфологические особенности отолитовой мембраны и позволяющая выявить и спрогнозировать ответ при действии периодического механического стимула.

Модельным объектом служили отолитовые органы крысы. Построение геометрической модели утрикулы и саккулы крысы производили на основании данных Desai S.S. с соавт. (2005). Расчет степени активации волосковых клеток отолитовых мембран проводили с использованием программного обеспечения COMSOL Multiphysics® 4.2. и метода конечных элементов для вычисления 3D-смещений слоев отолитовой мембраны при действии механического стимула, соответствующего гармоническим колебаниям в диапазоне частот 0–5000 Гц, шагом 10 Гц и направленным вдоль главных осей головы (X, Y, Z). Выявлен резонансный характер зависимости смещения слоев отолитовой мембраны от частоты внешнего стимула. Определены резонансные частоты колебаний гель-слоя (230±5 Гц, 1430±5 Гц, 3290±5 Гц,) и границы гель-мэш слоев (330±5 Гц, 1720±5 Гц, 4360±5 Гц) утрикулы, а также гель-слоя (370±5 Гц, 1500±5 Гц, 2575±5 Гц, 3300±5 Гц, 4530±5 Гц) и границы гель-мэш слоев (390±5 Гц, 1490±5 Гц, 2640±5 Гц) саккулы. Установлено, что гель-слой отолитовой мембраны преимущественно реагирует на высокочастотную стимуляцию и обуславливает преобладание высокочастотных колебаний волосковых клеток в области стриолы.

В то же время мэш-слой отолитовой мембраны реагирует на низкочастотную стимуляцию и обуславливает преобладание низкочастотных колебаний волосковых клеток в области экстрастриолы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-25-00259.

### **Библиографические ссылки**

1. The vestibular implant: Opinion statement on implantation criteria for research / R. van de Berg [et al.] // Journal of Vestibular Research. 2020. Vol. 30. P. 213–223.