

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства  
(БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор Биологического института  
Д.С. Воробьев  
« 29 » июня 20 23 г.



Рабочая программа дисциплины

**Биофизика мембран**

по направлению подготовки

**06.04.01 Биология**

Направленность (профиль) подготовки:  
**«Фундаментальная и прикладная биология»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2023**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.01.01.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Д.С. Воробьев

Председатель УМК

А.Л. Борисенко

Томск – 2023

## **. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины «Биофизика мембран» (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1– Способен использовать и применять фундаментальные биологические представления и современные методологические подходы для постановки и решения новых нестандартных задач в сфере профессиональной деятельности;

– ПК-1 – способность обрабатывать и использовать научную и научно-техническую информацию при решении исследовательских задач в соответствии с профилем (направленностью) магистерской программы.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.1 – Демонстрирует понимание основных открытий, актуальных проблем, методических основ биологии и смежных наук

ИОПК-1.2 – Анализирует современное состояние и тенденции развития биологических наук

ИПК-1.1 – Применяет знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность (профиль) программы магистратуры при решении отдельных исследовательских задач

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить теоретические основы функционирования живых организмов с точки зрения биофизики, рассмотреть современные представления о физических и математических моделях и аппарате для описания живых организмов, изучить механизмы развития биологических эффектов на молекулярном уровне.

– Познакомиться с современными методами изучения и регуляции клеточных процессов, оценить их преимущества для решения практических задач профессиональной деятельности.

– Сформировать объективный взгляд на современную биофизику.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 1, экзамен.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Физика», «Химия», «Биохимия», «Биофизика», «Биоэнергетика». Дисциплина «Биофизика мембран» является логическим продолжением в цепи дисциплин по принципу «от простого к более сложному», и сама является основой для углубленного изучения специальных дисциплин.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 8 ч.;

– семинарские занятия: 18 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

1. Введение (погружение) в предмет дисциплины (история изучения свойств и строения мембран)
2. Физико-химическая организация мембран. Молекулярная динамика мембранных компонентов
3. Кооперативные свойства биомембран. Фазовые переходы в биомембранах и их физиологическая роль.
4. Цитоскелет живой клетки. Структура, свойства, функции
5. Трансмембранный перенос ионов в возбудимых мембранах. Методы изучения ионных токов
6. Ионные каналы биомембран. кластерная организация каналов. Системы первично активного транспорта.
7. Энергопреобразующие мембраны. Теория ЭКВ и её смысл применительно к работе дыхательных цепей. Туннельные эффекты.
8. Функционирование дыхательной цепи митохондрий. Нарушение работы дыхательной цепи. Векторные мембранные комплексы  $f_0$ ,  $f_1$  (Н-АТФазы, АТФсинтазы).
9. Окислительные процессы в биомембранах. АФК и ПОЛ
10. Трансмембранный перенос белков и ДНК. Электропорация биомембран
11. Основы молекулярного узнавания в мембранах. кинетика лиганд-рецепторного взаимодействия.
12. GPCR-рецепторы и опосредованные ими сигнальные пути.
13. Сигнальные пути, поддерживаемые газотрансммитерами.
14. Современные прикладные вопросы биофизики мембран

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения творческих домашних заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Кроме того, оценивается устная работа на семинарах.

### **Планы семинарских занятий и формат их проведения:**

*Семинар 1.* Физико-химическая организация мембран. Молекулярная динамика мембранных компонентов

*Семинар 2.* Цитоскелет живой клетки. Структура, свойства, функции в отношении мембран.

*Семинар 3.* Трансмембранный перенос ионов в возбудимых мембранах. Методы изучения ионных токов

*Семинар 4.* Энергопреобразующие мембраны. Теория ЭКВ и её смысл применительно к работе дыхательных цепей. Туннельные эффекты.

*Семинар 5.* Окислительные процессы в биомембранах. АФК и ПОЛ

*Семинар 6.* Трансмембранный перенос белков и ДНК. Электропорация биомембран

*Семинар 7.* Основы молекулярного узнавания в мембранах. Кинетика лиганд-рецепторного взаимодействия.

*Семинар 8.* GPCR-рецепторы и опосредованные ими сигнальные пути.

*Семинар 9.* Сигнальные пути, поддерживаемые газотрансммитерами.

*Семинар 10.* Доклад-презентация. Современные прикладные вопросы биофизики мембран.

*Семинары 1–4 и 6–9* не требуют специальной подготовки к ним студентов. Они основаны на формировании знаний у студентов путём освещения теоретических аспектов по вопросам данной темы (темы в соответствии с п.9.1) преподавателем с последующим их критическим обсуждением, а также решением практических задач, касающихся анализа вариантов изменения толщины мембраны при различных физиологических состояниях.

*Семинар 5* проходит в форме презентации проектов студентов и их обсуждения. Для подготовки к данному занятию студенты должны продемонстрировать анализ актуальной биологической проблемы (анализируя роль АФК, АОС и ОС в реализации эффектов применительно к собственным научным исследованиям по тематике магистерской диссертации).

*Семинар 10* проходит в форме презентации реферата, требует самостоятельной подготовки студентов по теме современные прикладные вопросы биофизики мембран. При подготовке к семинару обучающийся самостоятельно проводит критический поиск и анализ научной информации по проблемной тематике, используя ресурсы НБ ТГУ и открытые научные ресурсы сети Интернет.

**Примерная тематика рефератов к семинару № 10 «Современные прикладные вопросы биофизики мембран»:**

1. Организация и функционирование ферментативной системы митохондриального окисления.
2. Преимущество структурно организованных ферментных систем.
3. Роль мембранных процессов в инициации апоптоза.
4. Сигнальная роль активных форм кислорода.
5. Структурная организация и функционирование межклеточных контактов.
6. Перенос веществ через мембрану по механизмам цитоза.
7. Транспорт неэлектролитов через мембраны.
8. Генераторы ионных токов через мембраны и их роль в формировании электрической активности нервных клеток.
9. Термодинамическая оценка работы Na,K-зависимой АТФ-азы.
10. Формально-кинетическое описание (математическая модель) аллостерической регуляции мембранных ферментов.
11. Современные представления об электропорации биомембран сверхкороткими импульсами (по материалам статей).
12. Мембранные процессы в клеточном оплодотворении.
13. Феномен колебания рецепторного связывания.

#### **Оценка устного ответа (на семинарских занятиях)**

**«Нулевой» уровень (условная 1)** – студент не выполнил учебный план изучения дисциплины: не участвовал в работе семинарских занятий, не получил достаточного количества баллов за семинарское задание в moodle (фактически не допущен к сдаче устного испытания).

**«Не зачтено» (условная 2)** – студент выполнил учебный план за семестр, участвовал в работе семинаров по отдельным темам, набрал минимальное количество баллов за семинарское задание в moodle, но при ответе на билет устного зачета продемонстрировал отсутствие знаний по ряду вопросов или недостаточные знания по вопросам билета.

**«Зачтено» (условная 4-5)** – студент полностью и успешно выполнил учебный план, активно работал на семинарских занятиях, показал хорошие знания за семинарское задание в moodle.

#### **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

**Экзамен с оценкой во втором семестре** проводится в устной форме по билетам. Итоговая экзаменационная оценка по дисциплине состоит из оценки за работу на семинарских занятиях и за задания в курсе moodle (текущий контроль) и экзаменационной оценки. Экза-

менационный билет содержит три теоретических вопроса. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

**Примерный перечень теоретических вопросов для экзамена:**

1. Биомембраны - универсальные компоненты живых систем. Основные функции биомембран и их основные типы.
2. Закономерность появления биомембран в процессе эволюции живой природы.
3. Краткая историческая справка биофизического исследования биомембран. Проблемы и перспективы.
4. Развитие представлений о структурной организации биомембран. Липиды биомембран, их основные типы. Роль холестерина в организации и функционировании мембран.
5. Активные формы кислорода, природа их возникновения и биологическая роль. Перекисное окисление липидов в мембранах. Антиоксиданты. Мембранные белки, их типы, локализация и выполняемые функции. Белок-липидные взаимодействия в биомембранах
6. Методы исследования молекулярной динамики в биомембранах. Электронная структура углеводов. Поворотная изомерия макромолекул. Вращательная подвижность жирнокислотных остатков липидов.
7. Кооперативные свойства молекулярных систем, модель Изинга. Эффекты дальнего действия и фазовые переходы первого и второго рода. Кооперативные эффекты в липидах и белках биомембран.
8. Цитоскелет, локализация основных элементов и выполняемые функции. ТКЖМ-модель клеточной стенки.
9. Мембраны возбудимых клеток, особенности их функционирования. Изучение трансмембранных ионных токов методом фиксации напряжения на мембране.
10. Вольт-амперные характеристики ионных токов, их анализ и физиологическая интерпретация. Изучение проводимости одиночных ионных каналов методами локальной фиксации напряжения.
11. Структура ионных каналов, его основные свойства и характеристики. Гипотеза кластерной организации ионных каналов.
12. Сравнительная характеристика АТФ-аз Р-, F- и V-типов.
13. Трансформация энергии в биомембранах, общая схема энергетического сопряжения. Типы энергопреобразующих мембран.
14. Электронно-конформационные взаимодействия, модель потенциального ящика. Релаксационные конформационные переходы в дыхательной цепи. Миграция энергии электронного возбуждения в мембранных структурах, туннельные переходы.
15. Строение и общие принципы функционирования Н-АТФ-синтаз.
16. Феноменология транспорта белков, движущие силы переноса. Автономный и облегченный механизмы транслокации белков.
17. Феноменология транспорта нуклеиновых кислот, движущие силы и возможные механизмы переноса.
18. Электропорация мембран и её биофизический механизм. Электротрансфекция клеток, возможные механизмы внедрения ДНК.
19. Экстраклеточная, межклеточная и внутриклеточная сигнализация. Специфика рецепторных мембран в связи с их функциями.
20. Молекулярное узнавание. Кинетика и термодинамика рецептор-лигандного взаимодействия. Определение параметров связывания лигандов рецепторами с помощью преобразованных координат (двойные обратные и Скэтчарда).
21. Кооперативное связывание лигандов. Модели кооперативного взаимодействия лигандов с рецептирующими белками.
22. Общая схема трансдукции клеточных сигналов, типы известных трансдукторов.
23. Структура G-белков, общая схема их функционирования. G-белки как трансдукторы клеточных сигналов и регуляторы сигнальных путей.

24. Газообразные сигнальные молекулы.

25. Роль окиси азота в регуляции физиологических функций. Образование окиси азота в клетках, изоформы синтазы окиси азота. Общая схема межклеточной сигнализации на основе окиси азота.

26. Окись углерода как молекулярный межклеточный сигнал. Реакции образования окиси углерода в клетках. Схемы межклеточной сигнализации на основе окиси углерода.

27. Роль сероводорода в межклеточной сигнализации.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

**1 (нулевой уровень)** – студент не готов и не приступает к ответу;

**«Неудовлетворительно»** - студент имеет слабое представление о биофизических процессах в живых организмах, допускает грубые ошибки в ответе и при использовании специальной терминологии; в течение учебного года занимался посредственно, на семинарских занятиях был пассивен, задания в курсе moodle выполнял с оценкой «2» или «3 балла».

**«Удовлетворительно»** - студент владеет лишь поверхностными о биофизических процессах в живых организмах, о биофизических методах изучения клеток, слабо владеет специальной терминологией; в течение учебного года занимался посредственно, на семинарских был недостаточно активен, задания в курсе moodle выполнял в основном с оценкой «3 балла».

**«Хорошо»** - студент владеет хорошими о биофизических процессах в живых организмах, о биофизических методах изучения клеток, при ответе на вопросы билета допускает незначительные ошибки; в течение учебного года студент полностью и успешно выполнил учебный план, активно работал на семинарских, задания в курсе moodle выполнял с оценкой «4 балла»;

**«Отлично»** - студент владеет отличными знаниями о биофизических процессах в живых организмах, о биофизических методах изучения клеток, владеет специальной терминологией, при ответе на вопросы билета и дополнительные вопросы не допускает ошибок, способен к анализу предложенных ситуаций; в течение учебного года студент полностью и успешно выполнил учебный план, активно работал на семинарских занятиях, за задания в курсе moodle получал в основном оценки «5 баллов».

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=25719>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских занятий по дисциплине, представленный в соответствующем курсе «Moodle».

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов представленные в соответствующем курсе «Moodle».

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. Большаков М.А., Жаркова Л.П. Мембранные процессы физиологический и биофизический аспекты. Учебное пособие. 2011.

2. Жаркова Л.П., Большаков М.А. Основы энергетики живых систем. Учебное пособие. Томск:ТГУ. 2013. 164с.

3. Молекулярная и клеточная физиология: избранные главы. Учебное пособие.» Жаркова Л.П., Большаков М.А., Керя А.В., 2018. Томск ТГУ; ТМЛ-Пресс – 188 с.

б) дополнительная литература:

1. Биофизика./ Ред. В.Ф. Антонов. - М: Владос, 2000, 287 с.
2. Скулачев В.П. Явления запрограммированной смерти. Митохондрии, клетки и органы: роль активных форм кислорода. // Соросовский образовательный журнал. 2001. – Т.7. – №6. – С. 4 - 10.
3. Биофизика./ Ред. П.Г. Костюк. – Киев: Выща школа, 1998, 503 с.
4. Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. Биокинетика. Практический курс. Учебное пособие. Гл.3, с. 335. М: ФАИР-ПРЕСС, 1999,-720с.
5. Костюк П.Г., Крышталь О.А. Механизмы возбудимости нервной клетки. – М: Наука, 1981, 204 с.
6. Костюк П.Г. Кальций и клеточная возбудимость. – М: Наука, 1986, 225 с.
7. Зима В.Л., Мирутенко В.И., Давыдовская Т.Л. Биофизические методы исследования. Киев: УМК ВО, 1990, 170 с.
8. Регистрация одиночных каналов/ Ред. Б.Сакман и Э.Неер. М: Мир, 1987, 448 с
9. Болдырев А.А., Кяйвярайнен Е.И., Илюха В.А. Биомембранология. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, специализирующихся в области биологии, медицины и психологии. Петрозаводск: Изд-во Кар НЦ РАН. – 2006. – 226с.
10. Рубин А.Б. Биофизика (Том 2). – М: МГУ, НАУКА, 2004. – 469 с.
11. Болдырев А.А., Курелла Е.Г., Павлова Т.Н. и др. Биологические мембраны. Уч. пособие. М: изд. МГУ. – 1992. – 140 с.
12. Введение в биомембранологию / А.А. Болдырев, С.В. Котлевцев и др. – М: изд. МГУ. – 1990. – 208 с.
13. Гелетюк В.И., Казаченко В.И. Кластерная организация ионных каналов. -М: Наука, 1990, 223 с.
14. Гринюс Л.Л. Транспорт макромолекул у бактерий. – М: Наука, 1986. – 204 с.
15. Скулачев В.А. Энергетика биологических мембран. – М: Наука, 1989, 564 с.
16. Ясуо Кагава. Биомембраны. М: Высшая школа, 1985, 303 с.
17. Журавлёв А.И. Квантовая биофизика животных и человека: учебное пособие. М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 – 398 с.
18. Ванаг В.К. Диссипативные структуры в реакционно-диффузионных системах. Эксперимент и теория. М: ИКИ, 2008. 300 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- <https://openedu.ru/course/msu/BIOPHY/#> Биофизика, платформа Открытое образование
- <https://openedu.ru/course/msu/MEDBIO/> медицинская биофизика: молекулы и болезни, платформа Открытое образование
- <https://biomolecula.ru/articles>
- <http://cnb.uran.ru/userfiles/213219.pdf> Биохимия. Учебник под. Ред. чл.-корр. РАН Е.С. Северина . 5-у издание М: ГЭОТАР Медиа - 2011. 768 стр.
- <https://e.lanbook.com/book/10122> Рубин, А.Б. Биофизика: В 2 т. Т. 1 : Теоретическая биофизика: Учебник.— М. : МГУ имени М.В.Ломоносова, 2004. — 448 с
- <http://e.lanbook.com/book/49548> Клетка. Повреждение клетки Лобанов, С.А. Клетка. Повреждение клетки.: Учебные пособия / С.А. Лобанов, Е.В. Данилов, А.В. Данилов. — Электрон. дан. — БГПУ имени М. Акмуллы, 2011. — 76 с.

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

#### **15. Информация о разработчиках**

Жаркова Любовь Петровна, к.б.н., доцент, кафедра физиологии человека и животных НИ ТГУ.



