

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт биологии и биомедицины

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Основы структуры и функционирования биомембран

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

06.03.01 - Биология

---

Направленность образовательной программы

Биология (общий профиль)

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.06 Основы структуры и функционирования биомембран относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен осуществлять информационный поиск по выбранной научной тематике в области биологии, излагать и критически анализировать получаемую информацию, представлять результаты исследований в виде презентаций, научно-технических отчетов, обзоров, аналитических карт, пояснительных записок, публикаций в научных изданиях; поддерживать дискуссию по актуальным вопросам биологии и экологии	ПК-1.1: Знает: - правила сбора и анализа информации по теме исследования, способы и правила представления результатов в письменной и устной формах ПК-1.2: Умеет: - планировать и осуществлять поиск научной информации, оформлять результаты исследования для представления в письменной и устной формах ПК-1.3: Владеет: - опытом поиска, анализа, представления и обсуждения результатов исследования	ПК-1.1: Знает принципы и основные методы научных исследований мембранных структур;  ПК-1.2: Самостоятельно собирать, обрабатывать и анализировать научную информацию для решения научных и практических задач в области исследования структуры и функций биомембран;  ПК-1.3: Владеет основными методами получения научной информации о структуре и функциях биомембран, навыками сбора и анализа информации.	Доклад-презентация Задачи Реферат Тест	Зачёт: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	

<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
<b>- занятия лекционного типа</b>	<b>26</b>
<b>- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)</b>	<b>26</b>
<b>- КСР</b>	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>19</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
1. Введение. Виды биологических мем-бран. Исторический очерк изучения биоло-гических мембран	2	1	1	2	
2. Химический состав биологических мем-бран	3	1	1	2	1
3. Типы слабых взаимодействий	3	1	1	2	1
4. Поведение липидов в полярных раство-рителях	5	2	2	4	1
5. Модельные мембранные системы. Бислойные липидные мембраны.	3	1	1	2	1
6. Структура и способы упаковки липид-ных молекул в биологических мембранах	5	2	2	4	1
7. Динамические свойства мембраны	5	2	2	4	1
8. Фазовые переходы в мембранах	5	2	2	4	1
9. Механические свойства мембран. Меха-низмы разрушения липидного бислоя	6	2	2	4	2
10. Взаимодействие компонентов биологи-ческих мембран	6	2	2	4	2
11. Особенности мембранной энзимологии	6	2	2	4	2
12. Структурная организация и механизмы функционирования систем пассивного и активного транспорта ионов в биологиче-ских мембранах	10	4	4	8	2
13. Слияние мембран	6	2	2	4	2
14. Биогенез мембран	6	2	2	4	2
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	26	26	53	19

### Содержание разделов и тем дисциплины

Темы дисциплины:

1. История изучения строения биологических мембран. Классификация биологических мембран на основе их локализации в клетке.
2. Химический состав мембран. Типы липидов, входящих в состав биологических мембран. Жирные кислоты, входящие в состав липидов биологических мембран.
3. Осаждение частиц. Зональное и изопикническое центрифугирование.
4. Оценка чистоты мембранных фракций.
5. Гидрофобное взаимодействие и его роль в поддержании структуры биологических мембран.
6. Мицеллообразование. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). Зависимость формы мицелл от геометрии липидных молекул. Критический параметр упаковки (КПУ).
7. Бислойные липидные мембраны. Процесс образования БЛМ на малых отверстиях. Силы, ведущие к образованию БЛМ.
8. Конфигурация и упаковка полярных голов и ацильных цепей липидных молекул в составе бислоя. Зависимость конфигурации ацильных цепей в мембране от размера полярной головы липида. Параметр упорядоченности.
9. Движение отдельных компонентов липидных молекул. Латеральная диффузия липидов, флип-флоп переход.
10. Микровязкость мембран. Методы определения.
11. Фазовый переход в мембранах. Изменение параметров бислоя при фазовом переходе.
12. Факторы, влияющие на фазовый переход в мембранах. Способы адаптации к изменению внешних условий.
13. Теория разрушения мембраны вследствие возникновения локальных дефектов.
14. Белки в составе мембран. Особенности структуры интегральных мембранных белков.
15. Липид-белковое взаимодействие. Влияние липидного окружения на активность мембраносвязанных ферментов.
16. Скрытая ферментативная активность мембраносвязанных ферментов.
17. Критерии активного и пассивного транспорта. Типы пассивного транспорта.
18. Особенности организации систем пассивного транспорта в биологических мембранах. Структура потенциалзависимого калиевого канала.
19. Организация систем активного транспорта ионов (на примере  $\text{Ca}^{2+}$ -АТФазы).
20. Механизм функционирования активных транспортеров биологических мембран (на примере  $\text{Ca}^{2+}$ -АТФазы).
21. Основные типы рецепторов биологических мембран.
22. Лиганд-рецепторное взаимодействие.
23. Структура и механизм активации никотинового рецептора ацетилхолина.
24. Структура рецепторов, связанных с G-белками.
25. Рецепторы с собственной тирозинкиназной активностью.
26. Слияние мембран.
27. Синтез и транспорт липидов в клетках про- и эукариот.
28. Синтез и механизмы встраивания белков в биологические мембраны.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Виды самостоятельной работы студентов в рамках освоения дисциплины:

- изучение понятийного аппарата и проработка тем дисциплины;

- работа с основной и дополнительной литературой дома и в библиотеке;
- изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет
- подготовка к устному опросу на семинарских занятиях;
- подготовка к тестам;
- подготовка к зачету.

Методические указания по подготовке студентов к текущему и промежуточному контролю по дисциплине «Основы структуры и функционирования биомембран»

Подготовка к устному опросу, тестированию

Все перечисленные виды самостоятельной работы представляют собой систему заданий, позволяющих оценить уровень знаний по основным разделам, темам, проблемам дисциплины, а также умений обучающегося синтезировать материал предшествующих дисциплин.

При подготовке к ним студенту необходимо:

- 1) ознакомиться с соответствующей темой программы изучаемой дисциплины;
- 2) изучить рекомендованную учебно-методическую литературу по данной теме;
- 4) тщательно изучить лекционный материал;
- 5) повторить материалы предшествующих дисциплин.

Подготовка к зачету

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме зачета.

Подготовка к зачету является концентрированной систематизацией всех полученных знаний по дисциплине «Основы структуры и функционирования биомембран».

В начале семестра рекомендуется внимательно изучить перечень вопросов к зачету по данной дисциплине, а также использовать в процессе обучения программу, другие методические материалы, разработанные кафедрой по данной дисциплине. Это позволит в процессе изучения тем сформировать более правильное и обобщенное видение студентом существа того или иного вопроса за счет:

- а) уточняющих вопросов преподавателю;
- б) подготовки докладов по отдельным темам;
- в) самостоятельного уточнения вопросов на смежных дисциплинах;
- г) углубленного изучения вопросов темы по учебным пособиям.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

Студентам предлагается индивидуально подготовить доклад и его презентацию. Оценочное средство в виде подготовки доклада с последующей презентацией используется при проведении практического занятия во время аудиторной работы. Студентам предлагается самостоятельно проанализировать проблему, подготовить доклад, на его основе сделать

презентацию доклада и выступить перед студенческой аудиторией с представлением результатов исследования.

#### Примерные темы докладов и рефератов

- Липосомы и их применение в медицине.
- Влияние электрического потенциала на устойчивость липидных мембран.
- Направленная доставка лекарственных препаратов, специфичных к маркерам на поверхности цитоплазматической мембраны.
- Методы выделения и очистки биологических мембран.
- Методы изучения структуры биологических мембран

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад-презентация)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно» или «плохо»

#### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

##### Примеры задач

1. Определить толщину липидной части мембраны если известно, что удельная электроемкость мембраны  $C_{уд} \approx 40 \text{ мФ/м}^2$ . Диэлектрическая проницаемость липидного бислоя. Диэлектрическая проницаемость вакуума  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ .
2. Определить толщину липидной части мембраны если известно, что удельная электроемкость мембраны  $C_{уд} \approx 200 \text{ мФ/м}^2$ . Диэлектрическая проницаемость липидного бислоя  $\epsilon = 2$ . Диэлектрическая проницаемость вакуума  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ .
3. Определить толщину липидной части мембраны если известно, что удельная электроемкость мембраны  $C_{уд} \approx 0,25 \times 10^{-6} \text{ Ф/см}^2$ . Диэлектрическая проницаемость липидного бислоя  $\epsilon = 2.5$ . Диэлектрическая проницаемость вакуума  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ .
4. Определить удельную электроемкость липидного бислоя, толщиной  $l = 4 \text{ нм}$ . Диэлектрическая проницаемость липидного бислоя  $\epsilon = 2$ . Диэлектрическая проницаемость вакуума  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$ .
5. Определить диэлектрическую проницаемость липидного бислоя  $\epsilon_{л}$ , толщиной 8.85 нм, если его удельная электроемкость  $C_{уд} \approx 2.5 \times 10^{-7} \text{ Ф/см}^2$ .

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Реферат) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

*Примерные темы докладов и рефератов*

- Липосомы и их применение в медицине.
- Влияние электрического потенциала на устойчивость липидных мембран.
- Направленная доставка лекарственных препаратов, специфичных к маркерам на поверхности цитоплазматической мембраны.
- Методы выделения и очистки биологических мембран.
- Методы изучения структуры биологических мембран

### Критерии оценивания (оценочное средство - Реферат)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена

Оценка	Критерии оценивания
	дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

#### 5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

##### Примеры тестовых заданий

1. Маркерными ферментами плазматической мембраны служат: а)  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФаза, аденилатциклаза; б) цитохром с оксидаза, галактозилтрансфераза; в) амилазы и липазы;
2. Жидкостно-мозаичная модель строения мембран предложили: а) Робертсон; б) Даниели и Дэвсон; в) Зингер и Никольсон;
3. В нормальном состоянии липидный бислой биологических мембран находится: а) в жидкокристаллическом состоянии; б) в твердом аморфном состоянии; в) в жидком аморфном состоянии; г) в твердом аморфном состоянии;
4. Толщина биологической мембраны приблизительно составляет: а) 10 Å; б) 0.1 мкм; в) 10 нм; г) 10 мкм;
5. В соответствии с формулой Аббе разрешение оптического микроскопа равно: а) 200 нм; б)  $\frac{2\lambda}{n \sin \theta}$ ; в)  $0.61\lambda/(n \sin \theta)$ .

##### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)



Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно» или «плохо»

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели	Имеется минимальный набор навыков для решения	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартны	Продemonстрированы навыки при решении нестандарт	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартны

	вследствие отказа обучающегося от ответа	место грубые ошибки	стандартны х задач с некоторым и недочетами	х задач с некоторым и недочетами	х задач без ошибок и недочетов	ных задач без ошибок и недочетов	х задач
--	--	---------------------	---	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	---------

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. История изучения строения биологических мембран. Классификация биологических мембран на основе их локализации в клетке.
2. Осаждение частиц. Зональное и изопикническое центрифугирование.
3. Оценка чистоты мембранных фракций.
4. Мицеллообразование. Критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). Зависимость формы мицелл от геометрии липидных молекул. Критический параметр упаковки (КПУ).
5. Бислойные липидные мембраны. Процесс образования БЛМ на малых отверстиях. Силы, ведущие к образованию БЛМ.
6. Конфигурация и упаковка полярных голов и ацильных цепей липидных молекул в составе бислоя. Зависимость конфигурации ацильных цепей в мембране от размера полярной головы липида. Параметр упорядоченности.

7. Микровязкость мембран. Методы определения.
8. Факторы, влияющие на фазовый переход в мембранах. Способы адаптации к изменению внешних условий.
9. Слияние мембран.

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно» или «плохо»

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Основная литература:

1. Рубин Андрей Борисович. Биофизика : учеб. для студентов биол. специальностей вузов : в 2 кн. Кн. 1 : Теоретическая биофизика. - М. : Высшая школа, 1987. - 319 с. : ил. - 1.30., 108 экз.
2. Рубин Андрей Борисович. Биофизика : учеб. для студентов биол. специальностей вузов : в 2 кн. Кн. 2 : Биофизика клеточных процессов. - М. : Высшая школа, 1987. - 302, [1] с. : ил. - 1.30., 93 экз.
3. Березов Темирболат Темболатович. Биологическая химия : учебник для мед. ин-тов / под ред. С. С. Дебова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Медицина, 1990. - 528 с. : ил. - 40.00., 3 экз.
4. Геннис Р. Биомембраны = Biomembranes: Molecular structure and function : Молекулярная структура и функции / пер. с англ. Л. И. Барсукова [и др.]. - М. : Мир, 1997. - 624 с. : ил. - ISBN 5-03-002419-0 (рус.). - ISBN 0-387-96760-5 (англ.) : 62.00., 1 экз.
5. Джаксон Мейер Б. Молекулярная и клеточная биофизика = Molecular and Cellular Biophysics / пер. с англ. под ред. А. П. Савицкого и А. И. Журавлева. - М. : Мир : Бинوم. Лаборатория знаний, 2009. - 551 с. : ил. - ISBN 978-5-9963-0011-2 (БИНОМ.ЛЗ) : 616.00., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Биофизика : учеб. для студентов вузов / под ред. В. Ф. Антонова. - Изд. 3-е, испр. и доп. - М. : Владос, 2006. - 287 с. - ISBN 5-691-01037-9 : 110.00., 1 экз.
2. Ташмухамедов Б. А. Активный транспорт ионов через биологические мембраны / АН УзССР, Ин-т биохимии. - Ташкент : Фан, 1973. - 221 с. : черт. - 1.92., 2 экз.
3. Корыта Иржи. Ионы, электроды, мембраны / пер. с чеш. И. Г. Абидора, Л. В. Черномордика ; под ред. Ю. А. Чизмаджева. - М. : Мир, 1983. - 264 с. : ил. - 1.70., 2 экз.
4. Твердислов В. А. Физические механизмы функционирования биологических мембран. - М. : Изд-во МГУ, 1987. - 187, [2] с. : ил. - 2.40., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/2010/79.pdf>.  
ЭБС «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru/>,  
ЭБС «ZNANIUM.COM» <http://znanium.com/>,  
ЭБС «Юрайт» <https://www.biblio-online.ru/>,  
Студенческая электронная библиотека «StudentLibrary» <http://www.studentlibrary.ru/>,  
Научная электронная библиотека «E-library.ru» <https://elibrary.ru/defaultx.asp>.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 06.03.01 - Биология.

Автор(ы): Юдина Любовь Михайловна, кандидат биологических наук.

Рецензент(ы): Синицына Юлия Витальевна, кандидат биологических наук.

Заведующий кафедрой: Воденеев Владимир Анатольевич, доктор биологических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 05.12.2023 г., протокол № 2.