

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
и образовательным инновациям

О.И. Здрок

«30» Апреля 2020 г.

Регистрационный № УД-8242уч.



## МЕДИЦИНСКАЯ БИОФИЗИКА

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 04 01 Физика (по направлениям)  
направление специальности:

1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность)

2020 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 01-2013 и учебных планов УВО №G31-163/уч. от 30.05.2013 г., №G31и-174/уч. от 30.05.2013 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Мартинovich Г.Г., зав. кафедрой биофизики, д.б.н., доцент

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Лукьяненко Л.М., зам. директора ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси», к.б.н.;

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой биофизики физического факультета Белорусского государственного университета  
(протокол № 13 от 29.05.2020 г.);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета  
(протокол №11 от 04.06. 2020 г.).

Заведующий кафедрой биофизики  
д.б.н., доцент

Г.Г. Мартинovich

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Цели и задачи учебной дисциплины

**Цель** учебной дисциплины – формирование представлений о физических и физико-химических основах строения и функционирования живых систем в норме и при патологии.

### Задачи учебной дисциплины:

1. Формирование представлений о молекулярно-клеточных и физико-химических механизмах развития социально-значимых заболеваний.
2. Формирование представлений об особенностях молекулярных медицинских технологий.
3. Ознакомление с физическими основами современных методов диагностики заболеваний.
4. Ознакомление с направлениями развития биомедицины и наномедицины.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к циклу дисциплин специализации компонента учреждения высшего образования.

**Связи** с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Учебная дисциплина основана на базовых знаниях и представлениях, заложенных в следующих курсах: «Физика мембранных систем», «Биофизика клетки», «Молекулярная биофизика», и др. Программа данного курса пересекается с дисциплиной «Биоэнергетика и метаболизм».

### Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Медицинская биофизика» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

#### *академические* компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

**социально-личностные** компетенции:

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

**профессиональные** компетенции:

ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, современных технологий и материалов, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента.

ПК-2. Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.

ПК-3. Проводить планирование и реализацию физического эксперимента, оценивать функциональные возможности сложного физического оборудования.

ПК-4. Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.

ПК-5. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

ПК-6. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-исследовательской, научно-производственной и научно-педагогической работы.

ПК-15. Применять знания физических основ современных технологий, средств автоматизации, методов планирования и организации производства, правового обеспечения хозяйственной деятельности и налоговой системы, современного предпринимательства, государственного регулирования экономики и экономической политики.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

**знать:** основные представления о строении и функционировании биообъектов; физические и физико-химические механизмы развития заболеваний человека; физические основы методов диагностики заболеваний; физические способы управления свойствами биосистем на молекулярном и клеточном уровне их организации;

**уметь:** объяснять основные физико-химические явления при патологии; прогнозировать изменения функционирования биосистем на молекулярно-клеточном уровне их организации при действии физических и физико-химических факторов; анализировать теоретические и экспериментальные результаты исследования физических процессов на различных уровнях структурной организации человека при патологии;

**владеть:** понятийным аппаратом в области медицинской биофизики и наномедицины; навыками анализа информации о физико-химических и молекулярно-клеточных особенностях патофизиологических процессов.

### **Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 8 семестре дневной формы получения высшего образования. Всего на изучение учебной дисциплины «Медицинская биофизика» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 110 часов, в том числе 44 аудиторных часа, из них: лекции – 36 часов, управляемая самостоятельная работа (УСР) – 8 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Раздел 1. Медицинская биофизика в современном мире

Медицинская биофизика: основные направления развития. Научная основа и современные достижения медицинской биофизики. Нанобиотехнологии и наномедицина. Молекулярная медицина. Геномная медицина, фармакогеномика, трансляционная медицина. Молекулярная диагностика. Геном человека и молекулярная медицина. Персонафицированная медицина.

## Раздел 2. Молекулярно-клеточные механизмы стрессового отклика

### Тема 2.1. Теория стресса.

Гомеостаз и стресс. Теория стресса Г. Селье. Общий адаптационный синдром. Дистресс и эустресс. Гормезис. Клеточный стресс и стрессоры. Базовые механизмы нарушения клеточного гомеостаза.

### Тема 2.2. Молекулярные механизмы отклика клетки на стресс.

Стресс и тепловой шок. Белки теплового шока. Гипоксия и клеточная адаптация. Фактор, индуцируемый гипоксией (HIF). Ишемическое прекондиционирование. Клетка в условиях осмотического стресса.

### Тема 2.3. Редокс-гомеостаз и редокс-стресс.

Активные формы кислорода. Окислительный стресс. Механизмы окислительного повреждения макромолекул. Окисление белков. Антиокислительная система клеток. Синтетические и природные антиоксиданты. Механизмы действия антиоксидантов. Антиоксидантная терапия. Стресс-индуцированное клеточное старение и клеточная гибель. Восстановительный стресс. Фактор транскрипции Nrf2 и регуляция редокс-гомеостаза. Редокс-зависимая сигнальная система Keap1/Nrf2/ARE. Молекулярные механизмы адаптационных процессов при физических нагрузках.

## Раздел 3. Патология клеточных мембран

### Тема 3.1. Свободнорадикальные процессы в мембранах.

Молекулярные механизмы нарушений структуры и функций биологических мембран при патологии. Перекисное окисление липидов. Стадии разветвленной цепной реакции свободнорадикального окисления липидов. Кардиолипин и цитохром *c*. Мишени повреждающего действия продуктов пероксидации. Окислительная модификация липопротеинов и атеросклероз.

### Тема 3.2. Липидные поры.

Липидные поры и проницаемость мембран. Модель липидной поры. Критический радиус поры. Электрический пробой мембран. Потенциал пробоа.

## **Раздел 4. Физиология и патофизиология программированной клеточной гибели**

Основные пути гибели клеток: апоптоз, аутофагия и некроз. Морфологические и биохимические характеристики апоптоза. Основные стадии апоптоза. Молекулярные основы апоптоза. Рецепторы смерти. Иницирующие и эффекторные каспазы. Апоптосомы. Рецептор-зависимый сигнальный путь апоптоза. Митохондриально-опосредованный сигнальный путь апоптоза. Поры высокой проводимости. Редокс-зависимый механизм активации апоптоза. Роль апоптоза в патогенезе заболеваний. Методы исследования апоптоза.

## **Раздел 5. Митохондриальная медицина**

Роль митохондрий в патогенезе. Заболевания, ассоциированные с патологией митохондрий. Активные формы кислорода и митохондрии. Механизмы генерации активных форм кислорода митохондриальными оксидоредуктазами.

Митохондриальные мишени действия активных форм кислорода. Митохондриальная ДНК и заболевания человека. Митохондрии и старение.

Лекарственные препараты, действующие на митохондрии. Нанотранспортеры для антиоксидантов. Липофильные катионы и механизмы их распределения в клетке. Антиоксиданты, адресованные в митохондрии. Антиоксидантные геропротекторы. Противоопухолевые агенты, адресованные в митохондрии. Антигипоксанты.

## **Раздел 6. Биофизические основы канцерогенеза**

Канцерогенез. Митохондрии и теория рака О.Варбурга. Теория двойного удара Кнудсона. Теория онкогенов. Характерные свойства опухолевых клеток (высокая пролиферативная активность, иммортализация, ослабление апоптоза). Молекулярно-генетические механизмы регуляции свойств клеток опухолевых тканей. Митогенные сигналы и тиразинкиназный каскад. Циклины и циклинзависимые киназы. Протоонкогены, онкогены и гены-супрессоры. Мутаторные гены.

Метаболизм кислорода и биоэнергетика трансформированных клеток. Молекулярные маркеры канцерогенеза.

Антиоксиданты и химиорезистентность клеток. Редокс-регуляция химиорезистентности опухолевых клеток.

## **Раздел 7. Фотодинамическая терапия и лазерная медицина**

Фотодинамическая терапия. Фотосенсибилизаторы. Механизмы фотосенсибилизированных реакций в биологических системах. Фотодинамические эффекты на уровне молекул, клеток и целых организмов,

роль синглетного кислорода. Фототоксические эффекты. Наноматериалы как фотосенсибилизаторы.

Применение лазеров в медицине. Лазерная терапия. Молекулярно-клеточные механизмы действия низкоинтенсивного лазерного излучения. Лазерная хирургия.



## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Медицинская биофизика в современном мире	4						
2	Молекулярно-клеточные механизмы стрессового отклика							
2.1	Теория стресса	2						решение (анализ) кейсов
2.2	Молекулярные механизмы отклика клетки на стресс	4						
2.3	Редокс-гомеостаз и редокс-стресс	4					2	контрольная работа
3	Патология клеточных мембран							
3.1	Свободнорадикальные процессы в мембранах	4						
3.2	Липидные поры	2						
4	Физиология и патофизиология программированной клеточной гибели	4					2	доклад, презентация
5	Митохондриальная медицина	4						

6	Биофизические основы канцерогенеза	4					2	защита рефератов
7	Фотодинамическая терапия и лазерная медицина	4					2	контрольная работа
	<b>Всего часов</b>	<b>36</b>					<b>8</b>	экзамен

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Перечень основной литературы**

1. Владимиров Ю.А., Проскурнина Е.В. Лекции по медицинской биофизике. М: Изд-во МГУ, 2007.
2. Мартинович Г.Г., Сазанов Л.А., Черенкевич С.Н. Клеточная биоэнергетика: физико-химические и молекулярные основы. М: URSS: ЛЕНАНД, 2017.
3. Самойлов В.О. Медицинская биофизика. Санкт-Петербург: СпецЛит. 2007.
4. Биофизика: учеб. для студентов вузов. /Антонов В.Ф. и др. М.: ВЛАДОС, 2006.
5. Владимиров Ю.А., Потапенко Ф.Я. Физико-химические основы фотобиологических процессов. М: Дрофа: 2-е изд., перераб. и доп. 2006.
6. Мартинович Г.Г., Черенкевич С.Н. Окислительно-восстановительные процессы в клетках. Мн.: БГУ, 2008.
7. Костюк В.А., Потапович А.И. Биорадикалы и биоантиоксиданты. Мн.: БГУ, 2004.

### **Перечень дополнительной литературы**

1. Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уотсон Дж. Молекулярная биология клетки: В 3-х т., 2-е изд., пер. и доп. Пер. с англ. М.: Мир, 1994.
2. Рубин А.Б. Биофизика. В 2-х книгах. Кн.2. Биофизика клеточных процессов. М.: Высшая шк. 2004.
4. Введение в биомембранологию. Учеб. пособие/ под ред. Болдырева А.А. – М.: МГУ, 1990.

### **Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки**

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать устный опрос, доклады с презентациями на семинарских занятиях, контрольные работы по разделам дисциплины, а также защиту реферативных работ.

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время.

Оценка по каждому контрольному мероприятию выставляется по десятибалльной шкале. При оценивании реферата (доклада) обращается внимание на: актуальность описываемой проблемы, содержание и полноту

раскрытия темы, структуру и последовательность изложения, источники и их интерпретацию, корректность оформления.

Оценка текущей успеваемости (Т) рассчитывается как среднее оценок за каждое контрольное мероприятие (доклады (Д), рефераты (С), контрольная работа №1 (К<sub>1</sub>), контрольная работа №2 (К<sub>2</sub>)):

$$T = \frac{D+C+K_1+K_2}{4}.$$

Оценка текущей успеваемости должна быть не ниже 4 баллов, оценка ниже 4 баллов считается неудовлетворительной. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Медицинская биофизика» учебным планом предусмотрен экзамен. Студент допускается к экзамену при оценке текущей успеваемости  $T \geq 4$ . Экзамен по дисциплине проводится в виде опроса в устной форме по билетам.

Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Рекомендуемые весовые коэффициенты для оценки текущей успеваемости – 0,3; для экзаменационной оценки – 0,7.

### **Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов**

Тема 2.3 Редокс-гомеостаз и редокс-стресс (2 ч)  
(Форма контроля – письменная контрольная работа)

Тема 4 Физиология и патофизиология программированной клеточной гибели (2 ч)  
(Форма контроля – доклад с презентацией)

Тема 6 Биофизические основы канцерогенеза (2 ч)  
(Форма контроля – защита реферата)

Тема 7 Фотодинамическая терапия и лазерная медицина (2 ч)  
(Форма контроля – письменная контрольная работа)

## **Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины**

При организации образовательного процесса используется *метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод)*, который предполагает:

- приобретение студентом знаний и умений для решения практических задач;
- анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники.

При организации образовательного процесса также используется *практико-ориентированный подход*, который предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использование процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся**

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме курса;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- подготовка и написание рефератов, докладов с презентацией на заданные темы.

### **Темы реферативных работ**

1. Митохондриальная медицина и митохондриальные биотехнологии.
2. Роль митохондрий в патогенезе сердечно-сосудистых заболеваний.
3. Роль митохондрий в патогенезе нейродегенеративных заболеваний.
4. Роль митохондрий в патогенезе онкологических заболеваний.
5. Клетка в условиях осмотического стресса.
6. Клетка в условиях окислительного стресса.
7. Антиоксиданты, адресованные в митохондрии и фенотоз.
8. Молекулярная диагностика.
9. Молекулярные механизмы адаптации при физических нагрузках.
10. Таргетная терапия рака.
11. Тераностика. Гибридные структуры для тераностики.
12. Фототерапия рака.

## Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Клеточный гомеостаз. Базовые механизмы нарушения клеточного гомеостаза.
2. Основные понятия теории стресса. Дистресс и эустресс. Гормезис.
3. Клеточный стресс и стрессоры. Молекулярные механизмы отклика клетки на стресс.
4. Стресс и тепловой шок. Белки теплового шока. Клетка в условиях осмотического стресса.
5. Гипоксия и клеточная адаптация. Фактор, индуцируемый гипоксией (HIF). Ишемическое прекондиционирование.
6. Активные формы кислорода. Редокс-гомеостаз. Окислительный стресс.
7. Механизмы окислительного повреждения макромолекул. Окисление белков.
8. Антиокислительная система клеток. Механизмы действия антиоксидантов.
9. Молекулярные механизмы нарушений структуры и функций биологических мембран при патологии.
10. Свободнорадикальное окисление липидов. Реакции и механизмы регуляции.
11. Мишени повреждающего действия продуктов пероксидации.
12. Липидные поры и проницаемость мембран. Модель липидной поры. Электрический пробой мембран.
13. Основные пути гибели клеток. Морфологические и биохимические характеристики апоптоза.
14. Основные стадии апоптоза. Роль апоптоза в патогенезе заболеваний.
15. Молекулярные основы апоптоза. Рецепторы смерти. Иницирующие и эффекторные каспазы. Апоптосомы.
16. Рецептор-зависимый сигнальный путь апоптоза.
17. Митохондриально-опосредованный сигнальный путь апоптоза. Поры высокой проводимости.
18. Митохондриальная медицина. Роль митохондрий в патогенезе.
19. Активные формы кислорода и митохондрии. Механизмы генерации активных форм кислорода митохондриальными оксидоредуктазами.
20. Митохондриальные мишени действия активных форм кислорода. Митохондрии и старение.
21. Лекарственные препараты, действующие на митохондрии. Нанотранспортеры для антиоксидантов. Антиоксиданты, адресованные в митохондрии.
22. Липофильные катионы. Физико-химические основы распределения в биологических системах. Биомедицинские направления применения.
23. Канцерогенез. Характерные свойства опухолевых клеток.

24. Митохондрии и теория рака О. Варбурга. Теория двойного удара Кнудсона.
25. Теория онкогенов. Протоонкогены, онкогены и гены-супрессоры. Мутаторные гены.
26. Митогенные сигналы и тирозинкиназный каскад. Циклины и циклинзависимые киназы.
27. Фотодинамическая терапия. Фотодинамическое действие. Типы фотосенсибилизированных реакций.
28. Эндогенные и экзогенные фотосенсибилизаторы. Механизмы фотосенсибилизированных реакций в биологических системах.
29. Фототоксические эффекты. Наноматериалы как фотосенсибилизаторы.
30. Лазерная терапия. Молекулярно-клеточные механизмы действия низкоинтенсивного лазерного излучения.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Биоэнергетика и метаболизм	Кафедра биофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Изменение не требуется (протокол № 13 от 29.05.2020)



**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО  
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_