

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

15 июля 2024 г.

Регистрационный №УД-13114/уч.



СВОБОДНЫЕ РАДИКАЛЫ В ХИМИИ, БИОЛОГИИ, МЕДИЦИНЕ

Учебная программа учреждения образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 05 02 Химия лекарственных соединений

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 01-2021, учебного плана №G31-1-008/уч. от 25.05.2021 г., №G31-1-235/уч. от 22.03.2022.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Амазгбери Надежда Викторовна, доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук.

РЕЦЕНЗЕНТ:

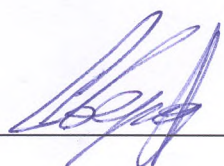
Ильючик Ирина Анатольевна, доцент кафедры биохимии и биоинформатики УО «Полесский государственный университет», кандидат биологических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой радиационной химии и химико-фармацевтических технологий БГУ
(протокол № 4 от 20.06.2024)

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 9 от 28.06.2024)

Заведующий кафедрой



Р.Л.Свердлов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – изучение механизмов протекания свободнорадикальных процессов в организме и формирование у студентов представления о молекулярных основах возникновения заболеваний свободнорадикальной этиологии и существующих способах их терапии.

Задачи учебной дисциплины:

- сформировать ключевые представления о свободных радикалах, их структуре, реакционной способности;
- рассмотреть основные реакции свободнорадикальных превращений биополимеров и их составляющих;
- сформировать представления о роли свободных радикалов в функционировании организма в норме и патологии;
- рассмотреть причины и механизмы развития свободнорадикальных патологий;
- сформировать представления о способах и подходах к терапии болезней, вызванных свободными радикалами.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Прикладные аспекты химии лекарственных соединений» компонента учреждения высшего образования.

Учебная программа составлена с учетом межпредметных связей с учебными дисциплинами «Медицинская химия», «Молекулярная биология клетки».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Свободные радикалы в химии, биологии, медицине» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

СК. Применять основные представления органической химии, биохимии и координационной химии для характеристики роли химических соединений в функционировании биологических систем, для разработки высокочувствительных и высокоселективных методов анализа лекарственных препаратов, для направленного синтеза биоактивных соединений и металлокомплексов, используемых в медицине, биокатализе и биотехнологии.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- особенности генерирования свободных радикалов различными инициаторами;
- основные типы реакций свободных органических радикалов;
- взаимосвязь между структурой с реакционной способностью органических радикалов;
- основные механизмы повреждения биомолекул при оксидативном стрессе;
- механизмы образования и функции свободных радикалов в организме в норме и патологии;

- принципы антиоксидантной защиты организма.

уметь:

- использовать монографическую и периодическую литературу по свободнорадикальной химии и биологии;
- предсказать возможные пути гомолитических превращений биомолекул;
- предложить способы выбора ингибиторов свободнорадикальных процессов для защиты биосистем;
- оценить взаимосвязь между структурой антиоксидантов и их фармакологической активностью.

владеть:

- знаниями, позволяющими оценить роль свободнорадикальных процессов при функционировании организма в норме и при патологии, предложить пути химической коррекции свободнорадикальных процессов в биосистемах.

Структура учебной дисциплины

Учебная дисциплина изучается в 7 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Свободные радикалы в химии, биологии, медицине» отведено:

– для очной формы получения высшего образования: 102 часа, в том числе аудиторных – 50 часов, из них: лекции – 28 часов, семинарские занятия – 18 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – **экзамен**.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ

История открытия и исследований свободных радикалов. Определение понятия «свободный радикал». Способы генерирования свободных радикалов. Свободные радикалы в окружающей среде.

РАЗДЕЛ 1 ХИМИЯ СВОБОДНЫХ РАДИКАЛОВ

Тема 1.1 Структура и устойчивость свободных радикалов

Гомолиз и гетеролиз химической связи. Структура и реакционная способность свободных радикалов. Химические и физические способы генерирования свободных радикалов. Методы детектирования свободных радикалов (ЭПР, хемилюминесцентные, флуоресцентные, спектрофотометрические, электрохимические методы).

Тема 1.2 Основные типы реакций с участием свободных радикалов

Мономолекулярные превращения органических свободных радикалов. Реакции фрагментации органических радикалов за счет разрыва α -связи, β -связи и двух β -связей. Реакции перегруппировки органических радикалов за счет 1,2-, 1,3-, 1,4-, 1,5-миграции атомов и групп. Реакции циклизации органических радикалов. Бимолекулярные реакции с участием свободных радикалов. Радикал-молекулярные процессы замещения, присоединения и окисления-восстановления. Бирадикальные реакции рекомбинации и диспропорционирования.

Тема 1.3 Гомолитические превращения органических соединений

Монофункциональные вещества - спирты, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, амины и др. Бифункциональные органические соединения - α -диолы и их эфиры, аминоспирты, аминокислоты, окси- и кетокислоты и др.

РАЗДЕЛ 2 ГОМОЛИТИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ БИОПОЛИМЕРОВ И ИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Тема 2.1 Химия свободных радикалов углеводов

Образование и пути реакции радикалов моносахаров. Модификации глюкозы, рибозы и дезоксирибозы без раскрытия цикла. Гомолитические реакции, приводящие к раскрытию пиранозного и фуранозного циклов. Влияние кислорода, ионов металлов переменной валентности на гомолитические превращения моносахаров. Гомолитические превращения водорастворимых полисахаридов. Гомолитическая деструкция полисахаридов с разрывом О-гликозидной связи. Модификация полисахаридов при действии радикальных инициаторов. Влияние кислорода и ионов металлов на гомолитическую деструкцию и модификацию полисахаридов.

Тема 2.2 Свободнорадикальные превращения пептидов и белков

Гомолитическое дезаминирование и деструкция пептидов. Факторы, влияющие на эти процессы. Особенности гомолитического разрыва пептидной связи. Сшивка веществ белковой природы при действии свободнорадикальных агентов.

Тема 2.3 Свободнорадикальные превращения нуклеиновых кислот и их составляющих

Взаимодействие радикальных интермедиатов с азотистыми основаниями. Свободнорадикальные превращения нуклеозидов в водных растворах. Гомолитические реакции, приводящие к разрыву N-гликозидной связи в нуклеозидах. Разрыв фосфоэфирной связи в нуклеотидах при их гомолитических превращениях. Отличительные особенности гомолитических превращений РНК-ых и ДНК-ых нуклеотидов. Основные пути гомолитических превращений РНК и одноцепочечной ДНК. Типы свободнорадикальных повреждений ДНК.

Тема 2.4 Гомолитические реакции с участием липидов и моделирующих их веществ

Свободнорадикальные превращения глицерофосфолипидов и их составляющих. Химия свободных радикалов глицерина и различных глицеридов. Свободнорадикальные превращения полиненасыщенных карбоновых кислот. Перекисное окисление глицерофосфолипидов. Гомолитические реакции, затрагивающие полярную составляющую глицерофосфолипидов. Гомолитические превращения сфинголипидов.

РАЗДЕЛ 3 СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОРГАНИЗМЕ

Тема 3.1 Активные формы кислорода: основные представители, механизмы образования и функциональная роль в организме

Химические и биохимические реакции образования активных форм кислорода, азота и галогенов в организме. Механизмы функционирования НАДФН-оксидазы, миелопероксидазы, NO-синтазы, цитохрома P450, ксантиноксидазы. Образование активных форм кислорода в дыхательной цепи митохондрий. Регуляторное и повреждающее действие активных форм кислорода, азота и галогенов в организме. Стимулирующее действие хлорноватистой кислоты. Роль азотцентрированных радикалов в повреждении биосистем. Понятие об оксидативном стрессе, его причинах и последствиях. Продукты свободнорадикальной фрагментации лизоглицерофосфолипидов как потенциальные биомаркеры свободнорадикального стресса. Анализ ацилоксиацетонов в образцах биоматериала. Биологическая активность пальмитоксиацетона и стеароксиацетона в отношении клеток крови. Методы регистрации свободнорадикальных процессов в биосистемах.

Тема 3.2 Антиоксиданты: классификация и механизмы действия

Природные антиоксиданты. Антиоксидантное действие флавоноидов, кумаринов, фенольных кислот. Коричная кислота и её гидроксипроизводные как регуляторы свободнорадикальных процессов. Витамины-антиоксиданты (α -

токоферол, каротиноиды, аскорбиновая кислота). Убихиноны. Гормоны-антиоксиданты. Мелатонин. Синтетические антиоксиданты. Ионол. Пробукол. Синтетические производные 3-арилокумарина, аминифенолов, пространственно экранированного пирокатехина и др. Методы оценки антиоксидантной активности.

Тема 3.3 Антиоксидантная защита организма

Биохимические способы защиты от оксидативного стресса. Супероксиддисмутаза, каталаза, ферменты системы глутатиона, пероксиредоксины, церулоплазмин. Механизм функционирования и роль этих ферментов в ингибировании свободнорадикальных процессов в организме.

Тема 3.4 Патофизиологическая роль свободнорадикальных процессов

Активные формы кислорода и воспаление. Болезни, обусловленные активацией свободнорадикальных процессов. Подходы для коррекции патологических состояний, связанных с повышенным образованием активных форм кислорода, азота, галогенов. Фотодинамическая терапия онкологических заболеваний. Роль активных форм кислорода, азота и хлора при взаимодействии наноматериалов с биообъектами. Активные формы кислорода и воспаление. Болезни, обусловленные активацией свободнорадикальных процессов. Подходы для коррекции патологических состояний, связанных с повышенным образованием активных форм кислорода, азота, галогенов.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная (дневная) форма получения высшего образования

№ разделов и тем	Наименование разделов и тем	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3			4	5	6	7
	Введение	2		2				Устный опрос, реферат
1	Химия свободных радикалов	6		4				
1.1	Структура и устойчивость свободных радикалов	2						
1.2	Основные типы реакций с участием свободных радикалов	2		2				Устный опрос
1.3	Гомолитические превращения органических соединений	2		2				Устный опрос
2.	Гомолитические превращения биополимеров и их составляющих в водных растворах	8		6			2	
2.1	Химия свободных радикалов углеводов	2						
2.2	Свободнорадикальные превращения пептидов и белков	2		2				Устный опрос, тестирование, анализ конкретных ситуаций

2.3	Свободнорадикальные превращения нуклеиновых кислот и их составляющих.	2		2				Устный опрос, анализ конкретных ситуаций
2.4	Гомолитические реакции с участием липидов и моделирующих их веществ	2		2			2	Устный опрос, реферат. Комплексная контрольная работа по разделу 2
3.	Свободнорадикальные процессы в организме	12		6			2	
3.1	Активные формы кислорода: основные представители, механизмы образования и функциональная роль в организме	4		2				Устный опрос, реферат
3.2	Антиоксиданты: классификация и механизмы действия	4		2				Устный опрос, тестирование
3.3	Антиоксидантная защита организма	2						
3.4	Патофизиологическая роль свободнорадикальных процессов	2		2			2	Устный опрос, реферат. Комплексная контрольная работа по разделу 3
		28		18			4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Мартинович, Г. Г. Активные формы кислорода в регуляции функций и свойств клеток: явления и механизмы / Г. Г. Мартинович ; БГУ. - Минск : БГУ, 2021. - 239 с.

Дополнительная литература

1. Нонхибел, Д. Химия свободных радикалов : структура и механизм реакций / Д. Нонхибел, Дж. Уолтон ; пер. с англ М. Г. Гольдфельда под ред. И. П. Белецкой. - Москва : Мир, 1977. - 608 с.
2. Прайер, У. Свободные радикалы / У. Прайер ; пер. с англ. А. Ф. Усатого [и др.] ; под ред. Л. Н. Николенко. - Москва : Атомиздат, 1970. - 335с.
3. Реутов, О. А. Органическая химия : учебник для студентов высших учебных заведений: в 4 ч. / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин. - 9-е изд. - Москва : Лаборатория Знаний, 2021. - Ч. 2 : . - 2021. - 623 с.
4. Шарпатый, В. А. Радиационная химия биополимеров / В. А. Шарпатый. - Москва : Энергоиздат, 1981. - 168 с.
5. Высокореакционные интермедиаты / [кол. авт.: А. В. Акимов и др.] ; под ред. М. П. Егорова, М. Я. Мельникова. - Москва : Изд-во Московского университета, 2012. - 299 с.
6. Halliwell, Barry. Free Radicals in Biology and Medicine / B. Halliwell, J. M. C. Gutteridge. - 4-th ed. - Oxford : Oxford University Press, 2007. - 851 с.
7. Костюк, В. А. Биорадикалы и биоантиоксиданты / В. А. Костюк, А. И. Потапович. - Минск : БГУ, 2004. - 180с.
8. Жукова, А. Г. Химия биологически активных веществ: природные и синтетические антиоксиданты : учебник / А. Г. Жукова, Л. Г. Горохова, Т. Г. Сазонтова. - Москва : Директ-Медиа, 2022. - 119 с.
9. Chaudhary, P. Oxidative stress, free radicals and antioxidants: potential crosstalk in the pathophysiology of human diseases / P. Chaudhary // Front. Chem. – 2023. – 11:1158198. doi: 10.3389/fchem.2023.1158198
10. Shadyro, O. ROS-induced lipid transformations without oxygen participation / O. Shadyro, A. Lisovskaya // Chem. Phys. Lipids. – 2019. – Vol. 221. – P. 176-183. doi: 10.1016/j.chemphyslip.2019.03.013.
11. Shadyro, O. Free-radical and biochemical reactions involving polar part of glycerophospholipids / O. Shadyro, S. Samovich, I. Edimecheva // Free Radic Biol Med. – 2019. – Vol. 144. – P. 6-15. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2019.02.033.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Текущий контроль уровня знаний, обучающихся по данной дисциплине может осуществляться с использованием следующих средств диагностики:

1. Тестирование по отдельным темам;
2. Проведение устных опросов;
3. Реферат;
4. Комплексные контрольные работы по разделам 3 и 4.
5. Анализ конкретных ситуаций

Для формирования итоговой отметки по учебной дисциплине используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая система предусматривает использование весовых коэффициентов для текущей и промежуточной аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование итоговой отметки в ходе проведения контрольных мероприятий текущей аттестации (примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущей аттестации в отметку при прохождении промежуточной аттестации):

- выполнение комплексных контрольных работ – 70 %;
- ответы на семинарских занятиях и выполнение заданий (тестирование, устный опрос, реферат) – 30 %.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей аттестации (рейтинговой системы оценки знаний) – 40 %, и экзаменационной отметки – 60 %.

Примерная тематика семинарских занятий

1. История открытия и исследования свободных радикалов. Свободнорадикальные реакции. Классификация, методы инициирования, стадии свободнорадикальных реакций (устный опрос, реферат) – 2 часа.
2. Свободнорадикальные превращения монофункциональных соединений (устный опрос) – 2 часа.
3. Гомолитические превращения бифункциональных органических соединений (устный опрос) – 2 часа.
4. Свободнорадикальные превращения аминокислот, пептидов, белков (устный опрос, тестирование) – 2 часа.
5. Свободнорадикальные превращения нуклеиновых кислот и их компонентов (устный опрос) – 2 часа.
6. Свободнорадикальные реакции в полярной и неполярной части липидов (устный опрос) – 2 часа.
7. Механизмы генерации активных форм кислорода, азота и галогенов в организме. Понятие об оксидативном стрессе. Функции свободных радикалов в норме и патологии (устный опрос, реферат) – 2 часа.

8. Антиоксидантная система защиты организма. Ферменты-антиоксиданты. Природные и синтетические антиоксиданты (устный опрос, тестирование) – 2 часа.

9. Роль свободных радикалов в патогенезе различных заболеваний (устный опрос, реферат) – 2 часа.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 2.4 Гомолитические реакции с участием липидов и моделирующих их веществ (2 ч)

Изучить биологическую роль продуктов свободнорадикальных превращений липидов.

(Форма контроля – Устный опрос, реферат, комплексная контрольная работа).

Тема 3.4 Патолофизиологическая роль свободнорадикальных процессов (2 ч.)

Подготовить сообщение о роли свободных радикалов в развитии сердечно-сосудистых, нейродегенеративных, метоболических и др. патологий.

(Форма контроля – Устный опрос, реферат, комплексная контрольная работа).

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

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

- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- использование способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

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

- приобретение обучающимся знаний и умений для решения практических задач и развития инновационной восприимчивости и способности к инновационной деятельности;
- анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины до сведения обучающихся вначале семестра доводится информация, которая включает методы и формы проведения текущей аттестации и правила формирования итоговой отметки.

Для организации самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине следует использовать современные информационные ресурсы: разместить на образовательном портале вопросы для подготовки к экзамену, вопросы для самоконтроля, список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.

Эффективность самостоятельной работы обучающихся проверяется в ходе текущей аттестации (устный опрос, тестирование, реферат, комплексная контрольная работа). Для общей оценки качества усвоения обучающимися учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы.

Примерный перечень тестовых заданий

1. При взаимодействии HOCl с полярной частью липидов, содержащих аминогруппы, образуется
 - а. N-центрированный радикал;
 - б. C-центрированный радикал;
 - в. S-центрированный радикал;
 - г. O-центрированный радикал.
2. Одним из механизмов действия прямых антиоксидантов является:
 - а. нормализация метаболизма;
 - б. модуляция каталитических свойств ферментных компонентов антиоксидантной системы;
 - в. способность легко отдавать протон;
 - г. модуляция процессов свободнорадикального окисления в сторону образования более инертных интермедиатов и конечных метаболитов.

Примерный перечень тем рефератов

1. Стабильные радикалы. Радикал Гомберга.
2. Стационарный и импульсный радиолиз для инициирования свободнорадикальных процессов.
3. Роль малонового диальдегида в функционировании организма.
4. Роль 4-гидроксиноненаля в функционировании организма.
5. Механизмы образования активных форм кислорода в организме.
6. Повреждающее действие хлорноватистой кислоты в отношении биомолекул.
7. Механизмы образования активных форм галогенов в организме.
8. Регуляторное действие свободных радикалов.

9. Антиоксидантное действие полиеновых соединений.
10. Применение флуоресцентных красителей для детекции свободных радикалов.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Понятие «свободный радикал». Классификация свободных радикалов.
2. Образование свободных радикалов в организме, функции свободных радикалов.
3. Свободнорадикальные реакции. Стадии протекания свободнорадикальных реакций.
4. Методы инициирования свободнорадикальных реакций.
5. Механизм радиолиза воды.
6. Основные реакции свободных радикалов. Реакции миграции, фрагментации, рекомбинации и диспропорционирования свободных радикалов. Радикалмолекулярные реакции.
7. Гомолитические превращения алифатических спиртов в водных растворах.
8. Гомолитические превращения α -диолов в водных растворах.
9. Гомолитические превращения органических соединений: Водные растворы алифатических аминов. Водные растворы аминокислот.
10. Гомолитические превращения простых эфиров в водных растворах.
11. Гомолитические превращения эфиров α -диолов в водных растворах.
12. Гомолитические превращения алифатических серосодержащих соединений в водных растворах.
13. Гомолитические превращения алифатических карбоновых кислот в водных растворах.
14. Гомолитические превращения алифатических карбонильных соединений в водных растворах.
15. Структура и функции протеиногенных аминокислот. Свободнорадикальные превращения аминокислот и пептидов.
16. Белки: структура, функции. Свободнорадикальные превращения белков
17. Липиды. Классификация липидов. Структура биомембран. Функции липидов. Свободнорадикальное повреждение липидов в гидрофобной части. Перекисное окисление липидов.
18. Продукты перекисного окисления липидов – маркёры перекисного окисления липидов и оксидативного стресса.
19. Свободнорадикальное повреждение липидов биомембран в полярной части (лизолфосфолипиды, сфинголипиды).
20. Биологическая роль фосфатидной кислоты, 2-гексадеценаля, пальмитоксиацетона.

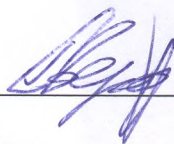
21. Классификация углеводов. Биологическая роль углеводов. Основные пути метаболизма углеводов. Свободнорадикальные превращения водных растворов моносахаридов.
22. Свободнорадикальные превращения водных растворов ди- и полисахаридов.
23. Компоненты нуклеиновых кислот. Структура и функции ДНК и РНК. Мутация ДНК. Классификация мутаций.
24. Процессы свободнорадикального повреждения РНК и ДНК:
25. Функции кислорода в процессе жизнедеятельности. Основные системы генерации активных форм кислорода, азота и галогенов в организме.
26. НАДФН-оксидаза. Строение, функции
27. Миелопероксидаза. Строение, функции. Хлорноватистая кислота, как источник активных форм кислорода.
28. Образование активных форм азота в клетке. NO-синтаза. Реакции *in vivo* с участием пероксинитрита.
29. Взаимодействие галогенсодержащих соединений с липидами. Взаимодействие NOCl со сфинголипидами.
30. Взаимодействие галогенсодержащих соединений с аминокислотами и белками.
31. Цитохром P450. Реакции, катализируемые цитохромом P450.
32. Ксантиноксидаза. Реакции, катализируемые ксантиноксидазой.
33. Эндогенные активные формы кислорода, азота и галогенов: роль в функционировании организма.
34. Строение и функции митохондрий. Дыхательная цепь. Принцип построения дыхательной цепи. Источники НАДН. Источники ФАДН₂.
35. Комплексы дыхательной цепи. Механизм работы АТФ-синтазы. Хемииосмотическая теория П. Митчелла. Регуляция окислительного фосфорилирования.
36. Супероксиддисмутаза. Структура, функции. Патологии, связанные с нарушением функционирования супероксиддисмутазы. Каталаза. Структура, функции. Терапевтический потенциал каталазы.
37. Глутатион – основной низкомолекулярный антиоксидант. Система глутатиона. Роль глутатиона в редокс-зависимых процессах.
38. Глутатионпероксидаза. Глутатионредуктаза. Глутатион S-трансфераза. Структура. Функции.
39. Пероксиредоксины. Церулоплазмин.
40. Антиоксиданты. Классификация антиоксидантов.
41. Косвенные антиоксиданты. Механизмы действия косвенных антиоксидантов.
42. Классификация антиоксидантов прямого действия
43. Природные антиоксиданты. Флавоноиды, фенольные кислоты, кумарины.
44. Тиолсодержащие антиоксиданты.
45. Гормоны антиоксиданты. Мелатонин.

46. Витамины-антиоксиданты (токоферол, коэнзим Q, каротиноиды, аскорбиновая кислота).
47. Синтетические антиоксиданты (ионол, пробукол).
48. Методы оценки антиоксидантной активности.
49. Синтетические производные кумарина, аминифенола.
50. Свободнорадикальные патологии.
51. Подходы для коррекции патологических состояний, сопровождающихся воспалением (ингибиторы ферментов, миметики ферментов).

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

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)
Медицинская химия	Кафедра радиационной химии и химико-фармацевтических технологий	Изменений не требуется	протокол № 4 от 20.06.2024 г.
Молекулярная биология клетки	Кафедра радиационной химии и химико-фармацевтических технологий	Изменений не требуется	протокол № 4 от 20.06.2024 г.

Заведующий кафедрой
Канд. хим. наук



Р.Л.Свердлов

« 20 » 06 2024 г.

**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 _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
