

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский национальный исследовательский медицинский университет
имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации
(ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России)**



«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. декана медико-биологического факультета

Шимановский Н.Л. /  /

«29» августа 2016 г.

АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

«МЕДИЦИНСКИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ»

Направление подготовки (специальность): 30.05.02 Медицинская биофизика



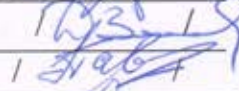





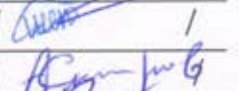
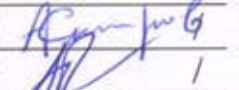
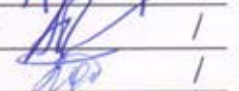

Направленность образовательной программы (профиль) Медицинская биофизика

Форма обучения: очная

При разработке рабочей программы учебной дисциплины в основу положены:

- 1) ФГОС ВО по специальности 30.05.02 Медицинская биофизика, утвержденный Министерством образования и науки РФ «11» августа 2016 года № 1012
- 2) Учебный план по специальности 30.05.02 Медицинская биофизика

Составители:

Чехонин В.П., академик РАН, зав. каф.	
Фаворова О.О., д.б.н., профессор, зав. каф.	/  /
Залетаев Д.В., д.б.н., профессор	/  /
Павлова Г.В., д.б.н., профессор	/  /
Курапов П.Б. д.б.н., профессор	/  /
Кузнецов Д.А., д.б.н., профессор	/  /
Кулакова О.Г., к.б.н., доцент	/  /
Михайленко Д.С., к.б.н. доцент	/  /
Шепелева И.И., к.б.н., доцент	/  /
Скамров А.В., к.б.н. доцент	/  /
Абакумов М.А., к.х.н., ассистент	/  /
Бухвостов А.А., ассистент	/  /

Ответственный рецензент:

Осипов А.Н., д.б.н., профессор, зав. кафедрой общей и медицинской биофизики Медико-биологического факультета ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры медицинских нанобиотехнологий, протокол № 08-16 от «29» августа 2016 г.

Заведующий кафедрой  /Чехонин В.П.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры молекулярной биологии и медицинской биотехнологии, протокол № 1 от «29» августа 2016 г.

Заведующий кафедрой  /Фаворова О.О /

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена Советом Медико-биологического факультета, протокол № 1 от «29» августа 2016 г.

Председатель Совета факультета



/Шимановский Н.Л./

1. Целью изучения дисциплины является:

формирование у студентов системных знаний по современной медицинской биотехнологии, фундаментальным понятиям биомедицинской науки, которые лежат в её основе, а также наиболее перспективным прикладным медицинским биотехнологиям и нанобиотехнологиям.

2. Задачи, решаемые в ходе освоения программы дисциплины:

- Приобретение студентами фундаментальных знаний в области медицинской биотехнологии.
- Изучение студентами важнейших методов и подходов, используемых в медицинской биотехнологии, включая генную, белковую и клеточную инженерию.
- Изучение студентами важнейших принципов и методов молекулярной диагностики и генотерапии.
- Изучение современных направлений и перспектив развития нанобиотехнологии и наномедицины.
- Изучение базовых положений физико-химии наночастиц, наноструктурированных материалов, их компонентов и комплексов, применяющихся в современной медицине.
- Изучение нанотехнологических аспектов молекулярной биологии клетки; генной, белковой и клеточной инженерии; генотерапии; генодиагностики.
- Выработка у студентов способности правильно интерпретировать данные литературы по медицинской биотехнологии и нанобиотехнологии, оценки качества и биобезопасности медицинских биотехнологических и нанотехнологических продуктов.

3. Место дисциплины в структуре ООП:

Учебная дисциплина «Медицинские биотехнологии» изучается в 11 семестре.

4. Перечень разделов и (или) тем дисциплины и их дидактическое содержание

№ п/п	№ компетенции	Наименование раздела (темы) дисциплины	Содержание раздела (темы) в дидактических единицах
1	2	3	4
Раздел I. Генная и белковая инженерия			
1	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Введение в медицинскую биотехнологию. Основные понятия генной инженерии. Технологии рекомбинантных ДНК.	Определение медицинской биотехнологии. Полидисциплинарность современных биотехнологий. Биотехнология как направление научно-технического прогресса, опирающееся на междисциплинарные знания – <i>медико-биологические</i> (генетика, биохимия, биофизика, микробиология, вирусология, физиология клеток растений и животных и др.), <i>химические</i> (химическая технология, физическая (биофизическая) химия, органическая химия, биоорганическая химия, компьютерная и комбинаторная химия и др.), <i>технические</i> (процессы и аппараты, системы контроля и управления, автоматизированные комплексы, моделирование и оптимизация процессов и др.). Понятие биотехнологии как технологического приема получения модифицированных биообъектов с целью придания им новых свойств и/или способности производить новые вещества. Основные области применения современной биотехнологии и основные ее аспекты (биологические, химические, технологические). Молекулярно-биотехнологическая революция и возникновение молекулярной биотехнологии. Основные задачи, которые решает медицинская биотехнология в медицине (диагностикумы, биосенсоры, диагностика и профилактика заболеваний; получение собственно лекарственных средств, адресная доставка лекарственных препаратов). Биологические системы, используемые в молекулярной биотехнологии: прокариоты и эукариоты. <i>Esherichia coli</i> .

			<p><i>Saccharomices cerevisiae</i>. Культуры эукариотических клеток. Основные понятия генной инженерии: клонирование, трансформация, вектор. Основные свойства векторов, используемых в генной инженерии. Векторы замещения. Инсерционные векторы. Векторы на основе плазмид. Участок <i>ori</i>, селективные маркеры, полилинкер. Системы селекции. Компетентные клетки. Эффективность трансформации. Используемые в генной инженерии векторы, области их применения.</p> <p>Система модификации-рестрикции бактерий. Ферменты, используемые в генной инженерии: рестриктазы второго типа, ДНК-лигазы, ДНК-полимеразы, полинуклеотидкиназы, фосфатазы. Способы встраивания чужеродной ДНК в вектор. Геномные клонотеки. Методы скрининга. Оптимизация экспрессии генов, клонированных в прокариотических системах.</p> <p>Химический синтез ДНК. Определение последовательности нуклеотидов (методы Сэнгера и Максама-Гильберта). Автоматическое секвенирование.</p> <p>Полимеразная цепная реакция. Основные параметры реакции. Термостабильные ДНК-полимеразы.</p>
2	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Генная инженерия эукариот.	<p>Системы экспрессии в дрожжах, культурах клеток насекомых и млекопитающих. Получение продуцентов медицински значимых белков. Векторные системы. Способы оптимизации продуцентов. Выделение и очистка рекомбинантных белков. Посттрансляционная модификация.</p> <p>Транскриптом. Методы изучения экспрессии генов в норме и при патологии. Подходы к изучению экспрессии генов на уровне целой клетки. Проблемы интерпретации полученных результатов. Взаимосвязь генов в клетке. Генные сети.</p>
3	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Белковая инженерия. Создание лекарственных диагностических средств.	<p>Основные направления белковой инженерии. Разработка методов направленного мутагенеза для целевой модификации отдельных белков и конструирования новых белков. Химерные белки. Слитные белки. Рекомбинантные антитела. Технология фагового дисплея. Двухгибридная система и другие методы анализа белок-белковых взаимодействий.</p> <p>Конструирование биологически активных белков и пептидов, обладающих фармакологической активностью: вакцины, гормоны, иммуномодуляторы, факторы роста, и др. Лекарственные препараты на основе рекомбинантных белков и химически синтезированных пептидов.</p>
Раздел II. ДНК-диагностика			
4	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Анализ генома.	<p>Геном человека. Различные уровни анализа генома. Хромосомный набор, морфология хромосом, их дифференциальная окраска. Хромосомные аномалии - классификация, механизмы и примеры.</p> <p>Картирование. Физические карты, генетические карты. Клонотеки, представляющие отдельные хромосомы. Энциклопедии генов. Подходы к картированию геномов высших эукариот. Создание клонотек кДНК. Методы скрининга клонотек кДНК: Клонирование новых генов. Стратегии «функциональное клонирование» и «позиционное клонирование. Стратегия «Ген-кандидат»: «позиционно-независимый ген-кандидат», «позиционный ген-кандидат». Картирование генов заболеваний человека.</p>
5	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	ДНК-диагностика. Иммунодиагностика.	<p>ДНК-диагностика - практический подход. Основные типы мутаций. Методы прямой и косвенной ДНК-диагностики. Анализ функционального состояния ДНК. Анализ экспансии тринуклеотидных повторов.</p> <p>Классификация мутаций по функции и структуре. Номенклатура и правила записи мутаций. Характерные мутации при распространенных наследственных заболеваниях.</p> <p>ДНК-диагностика в онкологии. Двухударная теория</p>

			<p>канцерогенеза Кнудсона. Онкогены и гены-супрессоры опухолевого роста. ДНК-диагностика моногенных и дигенных наследственных онкологических заболеваний, маркеров неблагоприятного прогноза, микрометастазов. Эпигенетические модификации ДНК и ее значение для диагностики. Диагностика полиморфизмов ДНК, определяющих риск развития социально значимых заболеваний.</p> <p>ПЦР, микрочипы и технологические платформы. Диагностика, прогностика, фармакогеномика. Иммуоферментный и иммуоцитохимический анализ. Значение для диагностики инфекционных, онкологических и аутоиммунных заболеваний. Моноклональные, химерные и гуманизированные антитела. Использование в диагностике и лечении различных заболеваний</p>
Раздел III. Клеточные технологии в биологии и медицине			
6	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Стволовые и прогениторные клетки.	<p>Стволовые и прогениторные клетки, история их открытия. Определение стволовых клеток. Основные типы стволовых клеток человека. Эмбриональные стволовые клетки. Понятие фетальные клетки. Стволовые и прогениторные клетки взрослого организма. Процессы регенерации. Свойства стволовых клеток различного происхождения. Основные характеристики стволовых и прогениторных клеток. Молекулярные маркеры столовых и прогениторных клеток. Понятие ниши. Клетки, участвующие в структуре ниши. Регуляция деления стволовой клетки. Ландшафт Уоддингтона. Принцип качелей Корочкина. Факторы, влияющие на дифференцировку прогениторных клеток. Эпителиально-мезенхимальный переход. Индуцированные плюрипотентные клетки. Опухолевые стволовые клетки. Теории происхождения опухолей.</p>
7	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Основы клеточной инженерии.	<p>История клеточной терапии. Типы используемых клеток для терапии. Технология получения и культивирования клеток животных и растений. Понятия линий, пересеваемых и первичных культур клеток. Среда. Принцип строения банков клеток. Перспектива создания технологий клонирования тканей и органов. Методы паспортизации клеток. Понятие контаминации. Международные требования к безопасности клеток. Методы управления дифференцировкой клеток в культурах. Необходимые условия стадии дифференцировки прогениторных клеток для клеточной терапии. Типы стволовых/прогениторных клеток, используемых для терапии. Поведение клеток после введения их в организм животного. Понятия аутологичности. Аллотрансплантаты и ксенотрансплантаты. Химерные животные. Технологии получения кондиционных сред. Технологии выделения факторов из клеток млекопитающих. Стандарты GLP («Good Laboratory Practice»), Надлежащая лабораторная практика) для лабораторных исследований и GMP («Good Manufacturing Practice») для производства клеточных препаратов. Разработка нового Закона РФ для применения клеточных препаратов. Возможность использования индуцированных плюрипотентных клеток.</p>
Раздел IV. Генная терапия			
8	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Основные подходы и приемы генной терапии. РНК-интерференция.	<p>Природа заболеваний, являющихся объектом генной терапии (ГТ). Методы создания функционирующих клеток с измененными свойствами. Генетически модифицированные организмы – трансгенные животные. Основные подходы и приемы генной терапии. Перенос и экспрессия целевых генов в тканях больных. Регулируемая экспрессия внесенных генов.</p> <p>РНК-интерференция как механизм подавления экспрессии генов. Роль РНК-интерференции при подавлении вирусных РНК и активности транспозонов, а также в регуляции развития организма и поддержании целостности генома.</p>

			Малые интерферирующие РНК (siRNA). Специфические белки системы RNAi. МикроРНК.
9	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Трансгенные клеточные препараты	Основные направления клеточной терапии. Условия культивирования клеток. Типы клеток, используемые для получения трансгенных клеточных линий. Паспортизация трансгенных клеток. Трансплантация трансгенных клеток. Таргетность клеток к зоне терапии. Получение трансгенного фактора из трансгенных клеток. Преимущества и недостатки применения трансгенных клеток. Заболевания, которые лечат трансгенными клеточными препаратами. Генная терапия моногенных и полигенных заболеваний, примеры. Заместительная и дополнительная генная терапия. Генная терапия репродуктивных клеток. Биотехнологические способы создания средств переноса и экспрессии генов. Невирусные методы переноса генов. Вирусные методы переноса генов. Упаковывающие клетки, принципы их конструирования УК. Регулируемая экспрессия. Морально-этические проблемы генной терапии.
Раздел V. Введение в медицинские нанобиотехнологии			
10	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Нанобиотехнологии как часть медицинской биотехнологии Введение в нанонауку.	Базовые понятия и определения. Нанодиапазон. История возникновения и развития научного направления. Роль нанотехнологий в биологии и медицине. Принципиальное значение нано-размерности как фактора, радикально меняющего физико-химические свойства супрамолекулярных структур и их способности взаимодействовать с биологическими объектами. Биомолекулы как составляющие наномира.
Раздел VI. Методы изучения наноструктур			
11	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Морфологические методы исследования наноструктур.	Классификация методов изучения наноструктур. Основные понятия морфологии наноструктур. Общие представления о принципах методов морфологического анализа в наноразмерном диапазоне. Атомная силовая микроскопия (АСМ). Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ). Ионно-полевая микроскопия (ИПМ). Магнитно-резонансная томография (МРТ). Высокора разрешающая электронная микроскопия (ВРЭМ) – электронная дифракционная микроскопия. Перспективы применения морфологических методов анализа наноструктур для разработки медицинских наноинструментов и нанотехнологий а также для их контроля в биологических системах.
12	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Аналитические и препаративные методы исследования наноструктур	Характеристика основных аналитических методов, применимых в наноразмерном диапазоне. Электропарамагнитный резонанс (ЭПР), ядерный магнитный резонанс (ЯМР), спектроскопия малоуглового рассеяния нейтронов (SANS), флуоресцентный резонансный перенос энергии (FRET). Третьеугловая рентгенография. Рентгеновская (дифракционная) кристаллография. Фотоэмиссионная спектроскопия. Масс-спектрометрия. Сканирующая лазерная конфокальная микроскопия. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) и однофотонная эмиссионная компьютерная томография (СПЕКТ). Понятие о молекулярной визуализации (molecular imaging). Перспективы применения молекулярной визуализации в биологии и медицине. Определение и классификация препаративных методов, применимых для выделения и очистки нанообъектов. Хроматографические методы низкого давления. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Электрофоретические методы. Проточная флуориметрия. Методы ультрацентрифугирования и ультрафильтрации. Применение в биологии и медицине.
Раздел VII. Наночастицы, наноинструменты, наноустройства и биомедицинские наноматериалы			

13	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Медицинские наночастицы	<p>Определение наночастиц. Полиморфизм наночастиц: углеродные наночастицы; дендримеры; нановолокна; наноиголы; нанооболочки; наноконтейнеры; циклопептиды/циклонуклеотиды; наночастицы металлов (Ag, Au, Pt, Fe₂O₃ и др.), полупроводниковые наночастицы (CdSe/CdS); фосфолипидные наночастицы; полимерные наночастицы.</p> <p>Общие закономерности и особенности фармакокинетики и фармакодинамики наночастиц, определяемые их размерами. Физико-химические свойства фармакологически значимых наночастиц. Связь структуры наночастиц с их биологическими эффектами in vivo и in vitro: фуллерены и их аддукторы; нанотрубки и их комплексы с лекарствами; дендримеры и направленный транспорт ДНК; липосомальные и мицеллярные наноконтейнеры; полимерные нанокапсулы; полимерные и биополимерные матрикс – наночастицы.</p> <p>Применение наночастиц в биомедицине: основные принципы и математическое моделирование. Суперпарамагнитные наночастицы – в биологии и медицине. Магнитотерапия; регулируемая локальная гипертермия; магнитное фракционирование клеточных популяций. Применение наночастиц в молекулярной визуализации с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ), позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) и однофотонной эмиссионной компьютерной томографии (СПЕКТ).</p> <p>Частные случаи успешного фармакологического применения наночастиц: фотодинамическая терапия опухолей; радиотерапия опухолей; адресная доставка ДНК в генной терапии; противовирусная и антибактериальная терапия; антиоксиданты и стимуляторы тканевого дыхания. Перспективы применение наночастиц в биомедицине.</p>
14	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Биомедицинские наноинструменты, наноустройства и наноматериалы.	<p>Квантовые точки. Физико-химические свойства, определяемые наноразмерностью. Мечение биологически активных молекул квантовыми точками. Современный флюоресцентный анализ с помощью квантовых точек. Нанобиотехнологии детекции патологического очага с помощью квантовых точек.</p> <p>Биологические наномоторы. Определение, классификация, молекулярная структура. «Ловушки» для вирусов. Изотоп-дискриминирующие нанореакторы, полученные с помощью белковой инженерии. Модификация нанотопологии каталитических сайтов. Нанобиотехнологические аспекты фолдинга и мисфолдинга белка.</p> <p>Диагностические наноустройства: чип-лаборатория; биосенсоры и нанодетекторы; системы детекции микроорганизмов. Нанопоры — перспективы применения в геномике. Наноинструменты для клеточных технологий.</p> <p>Медицинские нанороботы и биомиметические наноустройства: футурология и реальность. Перспективы развития наномедицины.</p> <p>Определение и классификация биомедицинских наноструктурированных материалов. Органические наноматериалы. Углеродные наноматериалы. Нанотрубки, наноплётки. Биологические наноматериалы. Самосборка наноматериалов. Неорганические наноструктурированные материалы. Композитные (гибридные) наноматериалы. Применение в биологии и медицине.</p> <p>Наногели (сети гидрофобных/гидрофильных цепей) для транспорта олигонуклеотидов. Наноструктурированное серебра в асептике и дезинфекции. Нанозлектромеханические системы. Полипептидные и ДНК нанопроволоки. Сверхпроводимые гели для нейроимплантатов на основе углеродных трубок. Наноматериалы для сепарирования клеток.</p>

			Наноматериалы — стационарные фазы для аффинной хроматографии сигнальных белков и рецепторов (фуллерен-содержащие лиганды и пр.).
Раздел VIII. Нанобиотехнологии в генодиагностике и генокоррекции			
15	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Нанотехнологии в генодиагностике	Методы генодиагностики: метод молекулярной гибридизации нуклеиновых кислот; метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) и его «нано»-разновидности. Миниатюризация ДНК- и РНК-содержащих матричных биочипов. Нанобиосенсоры. Оптические биосенсоры. Эффект поверхностного плазмонного резонанса. Нанобиосенсоры на основе атомной силовой микроскопии. Нанопоровые детекторы и секвенаторы ДНК. Перспективы развития нанобиотехнологических подходов к полногеномному секвенсу. Нанобиотехнологии широкомасштабного генетического скрининга: гибридизационные, роботизированная ПЦР/ЛОЗ (полимеразная цепная реакция с лигированием олигонуклеотидных зондов), ДНК-чипы и др. для оценки экспрессии генов ответственных за патологические состояния и процессы.
16	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Нанотехнологии в генокоррекции	Основные подходы в генотерапии наследственных и приобретенных заболеваний. Принципы получения терапевтических генов и генно-инженерных наноконструкций. Способы доставки генно-инженерных наноконструкций и терапевтических генов в целевые клетки органов и тканей организма. Вирусные нановекторы для доставки терапевтических генов в целевые клетки. Технология «Gene-gun» и перспективы ее применения в наномедицине. Невирусные технологии доставки терапевтических генов. Мобильные элементы генома. Транспозоны, как один из наиболее безопасных способов интеграции гена интереса в геном. Вирусные транскрипционные факторы. Мультифункциональные наноконтейнеры и дендримеры для адресной доставки генов в клетки-мишени.
Раздел IX. Нанобиотехнологии адресной доставки диагностических и лекарственных препаратов			
17	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Транспорт наночастиц и наноконтейнеров через гистогематические барьеры	Определение гистогематических барьеров. Молекулярная организация гистогематических барьеров. Разновидности гистогематических барьеров: гематоэнцефалический барьер, гематоретинальный барьер, гематотестикулярный барьер. Общие принципы транспорта веществ через гематоэнцефалический барьер. Рецептор-опосредованный эндоцитоз. Трансмембранные белки переносчики. Искусственная гидрофобизация как способ преодоления гистогематических барьеров. Молекулярные мишени для транспорта через нормальный гематоэнцефалический барьер. Адресная доставка лекарств с помощью стерически экранированных (Stealth-) иммунолипосом. Направленный транспорт биodeградирующих полимерных наночастиц. Водорастворимые и коллоидные формы «адресных» наночастиц. Адресная доставка с помощью наногелей. «Умные» дендримеры и высокоселективные нанозонды.
18	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Адресная доставка диагностических и терапевтических агентов в очаги патологии в головном мозге	Особенности гематоэнцефалического барьера при патологии (нейроинфекции, нейроонкологические заболевания, ишемия головного мозга). Поиск молекулярных мишеней для адресной доставки лекарств в очаг патологии. Опухоль-селективные гены; поиск опухоль-специфических промоторных и энхансерных последовательностей. Наночастицы фталоцианина алюминия в модуляции ангиогенеза. Нанопотосенсибилизаторы. Наночастицы, снижающие устойчивость опухолевых клеток к цитостатикам. Магнитоуправляемые липосомные наноконструкции. Кремниевые нанокристаллы. Стерически экранированные иммунолипосомальные

			наноконтейнеры для адресной доставки в очаг опухоли. «Умные» контрастные вещества в нейроонкологии. Технология бинарных наноконтейнерных систем и технология “Pretargeting”.
Раздел X. Нанотоксикология. Природоохранные нанобиотехнологии			
19	ОК-5 ОПК-1 ОПК-5 ПК-12 ПК-13	Основы нанотоксикологии. Природоохранные нанобиотехнологии.	<p>Размер имеет значение: сравнительный анализ обычных и наноразмерных структур идентичного химического строения: золото — нанозолото; полиэтиленгликоль (ПЭГ) — ПЭГ-квантовые точки, и др. Особенности биodeградации наноструктурированных материалов. Способы введения в организм и токсичность наночастиц. Особенности токсичности ряда применяемых в биомедицинских исследованиях наночастиц: TiO₂, Au, Ig; ПЭГ – квантовые точки; металлофуллерены; углеродные нанотрубки; политетрафторэтилен; полиизогексицианоакрилат (биodeградирующий); полистирол (небиodeградирующий полимер).</p> <p>Наноструктуры с иерархической самосборкой для адсорбции тяжелых металлов. As – связывающие нанохелаторы. Наноструктуры серебра в очистке промышленных сточных вод. Наноразмерные частицы TiO₂ в очистке воздуха от токсичных органических соединений и в инаktivации вирусов.</p> <p>Нанопористые полимеры в очистке воды. Мезопористые нанокомпозитные материалы (MCM-41) в переработке ядерных отходов. Неорганические Mo/S-фуллерены и одностеночные углеродные нанотрубки в фотокаталитической очистке жидкостей. ДНК-несущие наносенсоры для обнаружения и идентификации микроорганизмов в окружающей среде.</p> <p>Создание экологически безопасных нанокомпозитных материалов для строительной индустрии.</p>

5. Общая трудоемкость дисциплины: 7 зачетных единиц (252 часа).