

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): 30.05.01 Медицинская биохимия

Направленность образовательной программы (профиль) Медицинская биохимия

Форма обучения: очная

При разработке рабочей программы учебной дисциплины в основу положены:

- 1) ФГОС ВО по специальности 30.05.01 Медицинская биохимия, утвержденный Министерством образования и науки РФ «11» августа 2016 года № 1013
- 2) Учебный план по специальности 30.05.01 Медицинская биохимия

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. каф. 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 10 и 11 семестрах.

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.	Введение в медицинскую биотехнологию. 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. Иммуноферментный и иммуноцитохимический 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 interfering 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 нанонауки.	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). Высокоразрешающая 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). Третьевая планиграфия. Рентгеновская (дифракционная) кристаллография. Фотоэмиссионная спектроскопия. Масс спектроскопия. Сканирующая лазерная конфокальная микроскопия. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) и однофотонная эмиссионная компьютерная томография (SPECT). 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 <i>in vivo</i> и <i>in vitro</i>: 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, наноплёнки. 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. Нанофотосенсибилизаторы. 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, Irg; ПЭГ – квантовые точки; металлофуллерены; углеродные нанотрубки; политетрафторэтилен; полиизогеоксицианоакрилат (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).