

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УТВЕРЖДАЮ

И. о. проректора по учебной работе

_____ Василенко В.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

«30» мая 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ

БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ

Направление

19.04.01 Биотехнология

Направленность (профиль)

«Технологии получения продукции с использованием микробиологического синтеза, биокатализа, геной инженерии и нанобиотехнологий»

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Воронеж

1. Цели и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины «Бионанотехнологии» является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

01 Образование и наука (в сферах: образования; научных исследований);

22 Пищевая промышленность, включая производство напитков и табака (в сферах: производства пищевого белка, ферментных препаратов, пребиотиков, пробиотиков, синбиотиков, функциональных пищевых продуктов (включая лечебные, профилактические и детские), пищевых ингредиентов, в том числе витаминов и функциональных смесей; глубокой переработки пищевого сырья; производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности)

26 Химическое, химико-технологическое производство (в сфере производства продуктов ферментативных реакций, микробиологического синтеза и биотрансформаций)

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующих типов:

научно-исследовательский;

педагогический;

производственно-технологический;

организационно-управленческий.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки/специальности **19.04.01 Биотехнология**.

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-6	Способен разрабатывать и применять на практике инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний и проведенных исследований с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	ИД-1 _{ОПК-6} – разрабатывает инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе современного состояния и перспектив инновационной деятельности в биотехнологии с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
2	ПКв-1	Способностью применять знания и навыки в области разработки и применения генетических технологий, в том числе геномного редактирования	ИД2 _{ПКв-1} – применяет современные генетические технологии в практической деятельности для получения биотехнологической продукции.
3	ПКв-5	ПКв-5 способен разрабатывать и масштабировать процессы биотехнологического производства, осуществлять разработку документации в связи с изменением технологического процесса производства	ИД1 _{ПКв-5} – проводит расчет параметров и режимов технологического процесса получения БАВ, расчет эффективности внедрения новой технологии в производство БАВ

		БАВ	
--	--	-----	--

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
1	2
ИД-1 _{ОПК-6} – разрабатывает инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе современного состояния и перспектив инновационной деятельности в биотехнологии с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	Знает: методы в бионанотехнологии, структурные и функциональные принципы бионанотехнологии
	Умеет: применять инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний и проведенных исследований с учетом экономических и других ограничений
	Владеет: знаниями о применении достижений нанотехнологии в белковой инженерии, электронике, наномедицине, сельском хозяйстве, производстве наноматериалов, нанобионике
ИД2П _{КВ-1} – применяет современные генетические технологии в практической деятельности для получения биотехнологической продукции.	Знает: современные генетические технологии и направления их использования в практической деятельности для получения биотехнологической продукции.
	Умеет: использовать знания и навыки в области разработки и применения генетических технологий
	Владеет: аналитическими методами бионанотехнологии (молекулярной биологии, структурного анализа, микроскопии, масс-спектрометрии, биофизическими нанотехнологиями)
ИД1 _{ПКВ-5} – проводит расчет параметров и режимов технологического процесса получения БАВ, расчет эффективности внедрения новой технологии в производство БАВ	Знает: процессы биотехнологического производства,
	Умеет: осуществлять расчет параметров и режимов технологического процесса
	Владеет: способами масштабирования процессов биотехнологического производства,

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «**Бионанотехнологии**» относится к обязательной части Блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки **19.04.01 Биотехнология**, уровень образования - **магистр**.

Дисциплина является дисциплиной обязательной.

Дисциплина «Бионанотехнологии» основывается на знаниях, умениях и компетенциях, сформированных при изучении следующих дисциплин: Методологические основы исследований в биотехнологии, Моделирование и оптимизация биотехнологических процессов, Основы проектирования и оборудование предприятий биотехнологической промышленности, Биотрансформация веществ.

Дисциплина «**Бионанотехнологии**» является предшествующей для освоения дисциплин: Теоретические основы получения белка и БАВ, Методы инженерии, Биоинженерия, Применение нанотехнологий в конструировании биообъектов, Производственная практика, технологическая практика; Производственная практика, научно-исследовательская работа

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы

Виды учебной работы	Всего академических часов	Распределение трудоемкости по семестрам, акад. ч
		2 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	144	144
Контактная работа в т.ч. аудиторные занятия:	97	97
Лекции	38	38
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-
Практические работы (ПР)	57	57
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	57	57
Консультации текущие	1,9	1,9
Вид аттестации (зачет)	0,1	0,1
Самостоятельная работа:	47	47
Изучение материалов, изложенных в лекциях, по учебникам, пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс - заданий)	30	30
Подготовка к практическим работам (собеседование)	17	17

*в форме практической подготовки

5 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины

№п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость, акад.ч
11	Нанотехнологии и бионанотехнологии	Основные концепции, направления развития бионанотехнологии.	21
22	Специфика бионаномашин	Бионаномашин. Особенности строения биогенных макромолекул. Примеры природных бионаномашин	19
33	Методы в бионанотехнологии	Технология рекомбинантных ДНК. Конструирование ДНК. Методы синтеза белков. Точечный мутагенез. Технология слияния белков. Моноклональные антитела	28
44	Структурные принципы бионанотехнологии	Роль среды в формировании биомолекул. Принцип иерархичности в создании бионаномашин. Структурные особенности ковалентных связей в биомолекулах. Структурные особенности нековалентных взаимодействий. Роль гидрофобного эффекта в формировании структуры биомолекул. Самоассемблирование и самоорганизация биообъектов	22

55	Функциональные принципы бионанотехнологии	Информационно-управляемое наноассемблирование наномашин (ДНК, рибосомы) Бионаноэнергетика. Энергопитание бионаномашин. Функциональная роль топливных молекул в биосистемах. Поглощение света молекулами в биосистемах. Бионаноэлектрические цепи переноса электронов Биотранспорт. Функциональные особенности строения линейных АТФ-моторов Биоматериалы. Формирование фибриллярных микроструктур. Биоминерализация тканей. Формирование эластичных биоматериалов, адгезивных биоматериалов	26
66	Применение достижений нанотехнологии	Белковая инженерия. Нестандартные аминокислоты и ДНК. Нанотехнологии для электроники. Молекулярные наноконтейнеры. Наномедицина: иммунотоксины, липосомы, нанонити. Бионаноматериалы. Перспективы бионанотехнологий	26
<i>Консультации текущие</i>			1,9
<i>Зачет</i>			0,1

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	Семинары, час	СРО, час
1	Нанотехнологии и бионанотехнологии	4	9	8
2	Специфика бионаномашин	6	6	7
3	Методы в бионанотехнологии	8	12	8
4	Структурные принципы бионанотехнологии	8	6	8
5	Функциональные принципы бионанотехнологии	6	12	8
6	Применение достижений нанотехнологии	6	12	8
<i>Консультации текущие</i>				1,9
<i>Зачет</i>				0,1

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, акад. ч
1	Нанотехнологии и бионанотехнологии	Основные концепции, направления развития бионанотехнологии.	4
2	Специфика бионаномашин	Понятие бионаномашин. Особенности строения биогенных макромолекул. Примеры природных бионаномашин	6
3	Методы в бионанотехнологии	Технология рекомбинантных ДНК. Конструирование ДНК. Методы синтеза белков. Точечный мутагенез. Технология слияния белков. Моноклональные антитела	8
4	Структурные принципы бионанотехнологии	Роль среды в формировании биомолекул. Принцип иерархичности в создании бионано-	8

		машин. Структурные особенности ковалентных связей в биомолекулах. Структурные особенности нековалентных взаимодействий. Роль гидрофобного эффекта в формировании структуры биомолекул.	
5	Функциональные принципы бионанотехнологии	Самоассемблирование и самоорганизация биообъектов. Информационно-управляемое наноассемблирование наномашин (ДНК, рибосомы) Бионаноэнергетика. Энергопитание бионаномашин. Функциональная роль топливных молекул в биосистемах. Поглощение света молекулами в биосистемах. Бионаноэлектрические цепи переноса электронов Биотранспорт. Функциональные особенности строения линейных АТФ-моторов Биоматериалы. Формирование фибриллярных микроструктур. Биоминерализация тканей. Формирование эластичных биоматериалов, адгезивных биоматериалов	6
6	Применение достижений нанотехнологии	Белковая инженерия. Нестандартные аминокислоты и ДНК. Нанотехнологии для электроники. Молекулярные наноконтейнеры. Наномедицина: иммунотоксины, липосомы, нанонити. Бионаноматериалы. Перспективы бионанотехнологий	6

5.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика семинаров	Трудоемкость, акад.ч
1	Нанотехнологии и бионанотехнологии	Бионанотехнология на стыке нанотехнологии и биотехнологии	3
		Отечественные и зарубежные ученые в нанонауке (Р.Зигмонди, Т. Сведберг, И.Лэнгмюр, Д. Бардин, У. Шокли, У. Браттейн, Г. Биннинг, Г. Рорер, Э. Руска, Ж.И. Алферов)	3
		Программа развития nanoиндустрии в РФ	3
2	Специфика бионаномашин	Бионаномшины (особенности строения и функции)	3
		Нанобионика	3
3	Методы в бионанотехнологии	Аналитические методы бионанотехнологии (методы молекулярной биологии, структурный анализ, микроскопия, масс-спектрометрия, биофизические нанотехнологии)	3
		Методы манипулирования молекулами	3
		Биоматериалы (трансплантаты, имплантаты) и гибридные наноматериалы	3
		Наноструктуры (углеродные нанотрубки, фуллерены, нанопроводники, наностержни, магнитные наночастицы)	3
4	Структурные прин-	Фолдинг белков и механизмы его регуляции	3

	ципы бионанотехнологии	Формирование молекулярных комплексов	3
5	Функциональные принципы бионанотехнологии	Антитела как молекулярные сенсоры узнавания	3
		Узнавание нуклеиновых кислот белками	3
		Взаимодействие рецепторов с лигандами	3
		RNA- полимеры	3
6	Применение достижений нанотехнологии	Совершенствование лекарств за счет нанокристаллов	3
		Контрастирующие магнитные наноматериалы	3
		Нанотехнологии в сельском хозяйстве	3
		Нанотехнологии и водные ресурсы	3

5.3.3 Лабораторный практикум (не предусмотрен)

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, акад.ч
			семестр
			2
1.	Нанотехнологии и бионанотехнологии	Изучение материалов, изложенных в лекциях, по учебникам, пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс - заданий)	5
		Подготовка к практическим работам (собеседование)	3
.2.	Специфика бионаномашин	Изучение материалов, изложенных в лекциях, по учебникам, пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс - заданий)	5
		Подготовка к практическим работам (собеседование)	2
3.	Методы в бионанотехнологии	Изучение материалов, изложенных в лекциях, по учебникам, пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс - заданий)	5
		Подготовка к практическим работам (собеседование)	3
4.	Структурные принципы бионанотехнологии	Изучение материалов, изложенных в лекциях, по учебникам, пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс - заданий)	5
		Подготовка к практическим работам (собеседование)	3
5.	Функциональные принципы бионанотехнологии	Изучение материалов, изложенных в лекциях, по учебникам, пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс - заданий)	5
		Подготовка к практическим работам (собеседование)	3
6	Применение достижений нанотехнологии	Изучение материалов, изложенных в лекциях, по учебникам, пособиям	5

		(собеседование, тестирование, решение кейс - заданий)	
		Подготовка к практическим работам (собеседование)	3

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература

1. Основы бионанотехнологии : учебно-методическое пособие / составители М. А. Наквасина, В. Г. Артюхов. — Воронеж : ВГУ, 2016. — 73 с. <https://e.lanbook.com/book/165352>
2. Жарголин В.И., Жабров В.А., Лукьянов Г.Н., Тупик В.А. Введение в нанотехнологию: учебник.- СПб: Лань, 2022-464 с <https://reader.lanbook.com/book/211034>
3. Слюняев, В. П. Основы биотехнологии. Научные основы биотехнологии : учебное пособие / В. П. Слюняев, Е. А. Плошко. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2012. — 112 с. <https://e.lanbook.com/book/45315>

6.2 Дополнительная литература

1. Нанобиотехнология : учебное пособие / А. Ю. Просеков, Л. С. Дышлюк, О. В. Козлова, Н. В. Изгарышева. — Кемерово : КемГУ, 2016. — 204 с. <https://e.lanbook.com/book/99583>
2. Гордеева, М. Н. Biomedical Engineering. Биомедицинская инженерия : учебное пособие / М. Н. Гордеева, С. В. Никрошкина. — Новосибирск : НГТУ, 2022. — 100 с. <https://e.lanbook.com/book/306170>

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Бионанотехнологии. Применение нанотехнологий в конструировании биообъектов: методические указания для самостоятельной работы студентов / сост. О. Ю. Гойкалова, О. С. Корнеева. – Воронеж : ВГУИТ, 2016. - 12 с. <http://education.vsu.ru/mod/resource/view.php?id=53501>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	http://www.elibrary.ru/defaulttx.asp
Образовательная платформа «Юрайт»	https://urait.ru/
ЭБС «Лань»	https://e.lanbook.com/
АИБС «МегаПро»	https://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	http://minobrnauki.gov.ru
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	http://education.vsu.ru

6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ», автоматизированная информационная база «Интернет-тренажеры», «Интернет-экзамен» и пр.

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Adobe Reader XI	(бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html
Альт Образование	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно»
Microsoft Windows 8	Microsoft Open License
Microsoft Windows 8.1	Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Microsoft Office Professional Plus 2010	Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #61181017 от 20.11.2012 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Microsoft Office 2007 Standart	Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Libre Office 6.1	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)

Справочно-правовые системы

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Справочные правовая система «Консультант Плюс»	Договор о сотрудничестве с «Информсвязь-черноземье», Региональный информационный центр общероссийской сети распространения правовой информации Консультант Плюс № 8-99/RD от 12.02.1999 г.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения учебных занятий

Ауд. № 432 Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Весы технические SPX421 в комплекте калибровочная гиря, шкаф сушильный ШС-80-00 СПУ, холодильник, ноутбук ASUS, мультимедийный проектор ACER, экран
Ауд. № 418 Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Ферментный анализатор ПЛАГ-И, баня водяная УТ 4329Е, насос вакуумный Комовского, Поляриметр СМ-3, ноутбук ASUS, мультимедийный проектор ACER, экран
Ауд. № 414 Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Акводистиллятор ДЭ-10М, термостат с охлаждением ТСО-1/80, насос вакуумный Vacum-Sel, баня водяная УТ 4329Е, насос вакуумный Комовского, испаритель ротационный Heidolph Hei-VAP Value, прибор Сокслета-01 КШ 9/32, прибор Элекс-7М аналог прибора Чижовой, холодильник, ноутбук ASUS, мультимедийный проектор ACER, экран
Ауд. № 403 Учебная аудитория для проведения учебных за-	Ноутбук ASUS, мультимедийный проектор ACER, экран

нятий	
Ауд. № 415 Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Ячейка BioRad для блота Mini Trans-Blot с камерой комплект, аквадистиллятор АЭ-10 VIO, баня водяная LT-2 двухместная, вертикальная камера для электрофореза, термостат жидкостной 5 ОК-20/0,05, устройство для намотки ватных пробок, рН-метр рН-150 МИ, насос вакуумный 2VP-2, водяной термостат Дольфин ОБН-8, фотометр планшетный Start Fax 2100, принтер внешний Awareness Technology для ФП анализатора Start Fax 2100, рефрактометр ИРФ 454 Б 2М, центрифуга CR3i, горизонтальные весы, прецизионные весы, микроцентрифуга вортекс «Microspin» FV-2400, центрифуга MiniSpin Eppendorf, термостат твердотельный с таймером ТТ-2- «Термит», источник питания Эльф-4, трансиллюминатор ЕТХ-20С, электрофорезная камера Sub-Cell System горизонтальная, термостат с охлаждением ТСО-1/80, термостат 93 л (инкубатор), шейкер-инкубатор Multitron с платформой, термоциклер для амплификации нуклеиновых кислот 1000, шкаф холодильный DM-105S (ШХ-0.5ДС), термостат воздушный 1/20, автоклав автоматический MLS-3020U, стерилизатор паровой ВК-75, морозильник ММ-180 «Позис», сушилка лиофильная ЛС-500, бокс ультрафиолетовый УФ-1, ферментер автоклавируемый с программно-аппаратным комплексом на базе компьютера с монитором Ф-301, ноутбук ASUS, мультимедийный, проектор ACER, экран
Ауд. № 429 Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Микроскоп «МикроМед Р-1» в количестве 12 шт., Микроскоп Е-200 с цифровой камерой Levenhuk C510 NG 5М, холодильник, ноутбук ASUS, мультимедийный проектор ACER, экран

Самостоятельная работа обучающихся может осуществляться при использовании:

- Ауд. № 416 Помещения для самостоятельной работы обучающихся: Компьютеры - 2 шт., ноутбук, мультимедийный проектор ACER, экран;
- Зал научной литературы ресурсного центра ВГУИТ: компьютеры Regard - 12 шт.;
- Студенческий читальный зал ресурсного центра ВГУИТ: моноблоки - 16 шт.

8. Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля)**.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

ПРИЛОЖЕНИЕ
к рабочей программе

1. Организационно-методические данные дисциплины для очно-заочной или заочной форм обучения

1.1 Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 зачетные единицы

Виды учебной работы	Всего акад. часов	Семестр 2
		акад. часов
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Контактная работа в т. ч. аудиторные занятия:	23.7	23.7
Лекции	6	6,0
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	6	6
Практические занятия (семинары)	12	12
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	12	12
Консультации текущие	1.7	1.7
Рецензирование контрольных работ обучающихся-заочников	3,9	3,9
Вид аттестации: зачет	0,1	0,1
Самостоятельная работа:	120,3	120,3
Изучение материалов, изложенных в лекциях, по учебникам, пособиям (собеседование, тестирование, решение кейс - заданий)	90.5	90.5
Подготовка к практическим работам (собеседование)	5	5
Выполнение контрольной работы	19.8	19.8
Подготовка к: зачету	5	5

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине
БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-6	Способен разрабатывать и применять на практике инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний и проведенных исследований с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	ИД1 _{ОПК-6} – разрабатывает инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе современного состояния и перспектив инновационной деятельности в биотехнологии с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
2	ПКв-1	Способностью применять знания и навыки в области разработки и применения генетических технологий, в том числе геномного редактирования	ИД2 _{ПКв-1} – применяет современные генетические технологии в практической деятельности для получения биотехнологической продукции.
3	ПКв-5	ПКв-5 способен разрабатывать и масштабировать процессы биотехнологического производства, осуществлять разработку документации в связи с изменением технологического процесса производства БАВ	ИД1 _{ПКв-5} – проводит расчет параметров и режимов технологического процесса получения БАВ, расчет эффективности внедрения новой технологии в производство БАВ
Код и наименование индикатора достижения компетенции		Результаты обучения (показатели оценивания)	
1		2	
ИД-1 _{ОПК-6} – разрабатывает инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе современного состояния и перспектив инновационной деятельности в биотехнологии с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений		Знает: методы в бионанотехнологии, структурные и функциональные принципы бионанотехнологии	
		Умеет: применять инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний и проведенных исследований с учетом экономических и других ограничений	
		Владеет: знаниями о применении достижений нанотехнологии в белковой инженерии, электронике, наномедицине, сельском хозяйстве, производстве наноматериалов, нанобионике	
ИД2 _{ПКв-1} – применяет современные генетические технологии в практической деятельности для получения биотехнологической продукции.		Знает: современные генетические технологии и направления их использования в практической деятельности для получения биотехнологической продукции.	
		Умеет: использовать знания и навыки в области разработки и применения генетических технологий	
		Владеет: аналитическими методами бионанотехнологии (молекулярной биологии, структурного анализа, микроскопии, масс-спектрометрии, биофизическими нанотехнологиями)	

ИД1 _{ПКв-5} – проводит расчет параметров и режимов технологического процесса получения БАВ, расчет эффективности внедрения новой технологии в производство БАВ	Знает: процессы биотехнологического производства,
	Умеет: осуществлять расчет параметров и режимов технологического процесса
	Владеет: способами масштабирования процессов биотехнологического производства,

2. Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология/процедура оценивания (способ контроля),
			Наименование	№№ заданий	
1	Нанотехнологии и бионанотехнологии	ОПК-6 ПКв-1 ПКв-5	Дискуссия на практическом занятии	171-173,185-186.194-197	Контроль преподавателем
			Тест	79-84,116-125,148-151	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (зачет)	1-5, 32-36, 55-59	Контроль преподавателем
			Кейс-задание	210, 216, 223	Контроль преподавателем
2	Специфика бионаномашин	ОПК-6 ПКв-1 ПКв-5	Тест	85-89,111-115,152-159	Бланочное или компьютерное тестирование
			Подготовка к дискуссии на практическом занятии	174-177, 187-189 198-201	Контроль преподавателем
			Собеседование (зачет)	6-10,37-40, 60-64	Контроль преподавателем
			Кейс-задание	211, 218	Контроль преподавателем
4	Структурные принципы бионанотехнологии	ОПК-6 ПКв-1 ПКв-5	Дискуссия на практическом занятии	178-180, 190, 202-204	Контроль преподавателем
			Собеседование (зачет)	11-15. 41-44. 65-69	Контроль преподавателем
			Тест	90-100. 126-135 160-164	Бланочное или компьютерное тестирование
			Кейс-задание	219. 224	Контроль преподавателем
5	Функциональные принципы бионанотехнологии	ОПК-6 ПКв-1 ПКв-5	Дискуссия на практическом занятии	181-182. 191-192 205-208	Контроль преподавателем
			Собеседование (зачет)	16-24. 45-47. 70-74	Контроль преподавателем
			Кейс-задание	212-213. 217,225-226	Контроль преподавателем
			Тест	101-105. 36-142. 165-167	
6	Применение достижений нанотехнологии	ОПК-6 ПКв-1 ПКв-5	Дискуссия на практическом занятии	183-184. 183. 209	Контроль преподавателем
			Собеседование(зачет)	25-31. 48-54. 75-78	Контроль преподавателем
			Кейс-задание	214-215, 220-222, 227	Контроль преподавателем
			Тест	106-116. 142-147. 168-170	Бланочное или компьютерное тестирование

3 Оценочные материалы для промежуточной аттестации.

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Для оценки знаний, умений, навыков студентов по дисциплине применяется бально-рейтинговая система оценки сформированности компетенций студента.

Бально-рейтинговая система оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий и контроля самостоятельной работы. Показателями ОМ являются: текущий опрос в виде собеседования на лабораторных работах, тестовые задания и самостоятельно (домашнее задание). Оценки выставляются в соответствии с графиком контроля текущей успеваемости студентов в автоматизированную систему баз данных (АСУБД) «Рейтинг студентов».

Обучающийся, набравший в семестре более 60 % от максимально возможной бально-рейтинговой оценки работы в семестре получает зачет автоматически.

Студент, набравший за текущую работу в семестре менее 60 %, т.к. не выполнил всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.) допускается до зачета, однако ему дополнительно задаются вопросы на собеседовании по разделам, выносимым на зачет.

Аттестация обучающегося по дисциплине проводится в форме тестирования и предусматривает возможность последующего собеседования (зачета). Зачет проводится в виде тестового задания.

Каждый вариант теста включает 30 контрольных заданий, из них:

- 10 контрольных заданий на проверку знаний;
- 10 контрольных заданий на проверку умений;
- 10 контрольных заданий на проверку навыков;

В случае неудовлетворительной сдачи зачета студенту предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче зачета количество набранных студентом баллов на предыдущем зачете не учитывается.

3.1 Вопросы к зачету (собеседованию)

3.1.1. ОПК-6 Способен разрабатывать и применять на практике инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний и проведенных исследований с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений

№ задания	Формулировка задания
1.	В чем состоит отличие классической биотехнологии от современной?
2.	Дайте определение нанотехнологии.
3.	Что отличает нанобиотехнологию от бионанотехнологии?
4.	В чем состоит нанотехнологический подход?
5.	Что такое наноматериалы? Приведите примеры наноматериалов.
6.	Перечислите характерные черты наноматериалов.
7.	Что можно создать путем нанотехнологий?
8.	й Приведите классификацию биообъектов как наночастиц.
9.	Основные направления развития бионанотехнологии.
10.	Что является инструментами бионано- и нанобиотехнологии? В чем их отличия?
11.	Что такое биогенные макромолекулы?
12.	Приведите примеры природных бионаномашин.
13.	Что отличает природные бионаномшины от машин макромира?
14.	Чем определяются форма и функции биомолекул?
15.	Перечислите основные типы молекулярных структур клетки.
16.	Перечислите, какие структуры белков стабилизируются исключительно водородными связями?
17.	Какие аминокислоты характерны для поверхности белков и часто используются в биохимическом катализе?
18.	Какая аминокислота формирует жесткий изгиб (кинк) в белковой цепи?
19.	Что такое стэкинг?
20.	Укажите тип связи, который стабилизирует вторичную структуру ДНК.
21.	Почему липиды называются амфифильными молекулами?
22.	Роль среды в формировании биомолекул.

23.	Принцип иерархичности в создании бионаномашин.
24.	Структурные особенности ковалентных связей в биомолекулах.
25.	Структурные особенности нековалентных взаимодействий.
26.	Роль гидрофобного эффекта в формировании структуры биомолекул.
27.	Самоассемблирование и самоорганизация биообъектов.
28.	Информационно-управляемое наноассемблирование наномашин (ДНК, рибосомы)
29.	Бионаноэнергетика. Энергопитание бионаномашин.
30.	Функциональная роль топливных молекул в биосистемах.
31.	Поглощение света молекулами в биосистемах.

3.1.2. ПКв-1 Способностью применять знания и навыки в области разработки и применения генетических технологий, в том числе геномного редактирования

32.	Что такое рекомбинантные ДНК?
33.	Опишите технологию рекомбинантных ДНК.
34.	Какие методы синтеза белков Вам известны?
35.	Что такое точечный мутагенез?
36.	Опишите технологию слияния белков.
37.	Что такое моноклональные антитела? Где они применяются?
38.	В чем состоит суть электронного парамагнитного резонанса?
39.	Что такое ЯМР? Где он применяется?
40.	Какие виды микроскопии, применяемые в бионанотехнологиях Вам известны?
41.	Что такое рестриционные ферменты? Где они применяются?
42.	Какую роль играет ДНК-лигаза?
43.	В чем состоят недостатки использования бактерий в технологиях синтеза белков?
44.	Что означает бесклеточный синтез белка? В чем его особенность?
45.	Какие изменения в молекулах позволяет внести точечный мутагенез?
46.	Укажите какие методы (стратегии) позволяют ассемблировать сложные наноструктуры?
47.	Основные концепции, направления развития бионанотехнологии.
48.	Понятие бионаномашин.
49.	Особенности строения биогенных макромолекул
50.	Примеры природных бионаномашин
51.	Технология рекомбинантных ДНК..
52.	Конструирование ДНК.
53.	Методы синтеза белков.
54.	Моноклональные антитела и их применение

3.1.3. ПКв-5 способен разрабатывать и масштабировать процессы биотехнологического производства, осуществлять разработку документации в связи с изменением технологического процесса производства БАВ

55.	Что такое самоассемблирование?
56.	Укажите структурные особенности ковалентных связей в биомолекулах.
57.	Перечислите нековалентные взаимодействия, имеющие место в биомолекулах.
58.	На каких расстояниях проявляются силы нековалентных межмолекулярных взаимодействий?
59.	Какие силы играют главную роль в обеспечении стабильности биомолекул, а также обеспечивают взаимодействия биомолекул между собой?
60.	В чем состоит роль гидрофобного эффекта в формировании структуры биомолекул.
61.	Какая конструкция называется клатратной? Что ее формирует?
62.	Выгодны ли энтальпически водородные связи между молекулами воды? Ответ обоснуйте.
63.	Что является движущей силой большинства процессов самосборки в биомолекулярной механике на молекулярном уровне?
64.	В чем состоит принципиальное отличие в подходе направленного конструирования макромолекул от ассемблирования бионаномашин?
65.	Какие условия необходимы для успешного завершения процесса самоассемблирования бионаномашин?
66.	Перечислите общие принципы конструирования, которые используются в природных бионаномашинах.
67.	Какие виды симметрии характерны для бионаномолекул? Приведите примеры.
68.	Дайте характеристику видов пространственной симметрии, которые возникают при формировании биологических структур.

69.	В чем состоят преимущества симметричности биологических структур?
70.	Бионанозлектрические цепи переноса электронов
71.	Биотранспорт. Функциональные особенности строения линейных АТФ-моторов
72.	Биоматериалы. Формирование фибриллярных микроструктур.
73.	Биоминерализация тканей.
74.	Формирование эластичных биоматериалов, адгезивных биоматериалов.
75.	Белковая инженерия. Нестандартные аминокислоты и ДНК.
76.	Нанотехнологии для электроники.
77.	Молекулярные наноконтейнеры и их применение.
78.	Наномедицина: иммунотоксины, липосомы, нанонити.

Критерии и шкалы оценки:

- **оценка «зачтено»** выставляется студенту, если он активно участвует в собеседовании и обсуждении, подготовил аргументы в пользу решения, предложил альтернативы, выслушивал мнения других;
- **оценка «не зачтено»**, если студент выполнял роль наблюдателя, не внес вклада в собеседование и обсуждение.

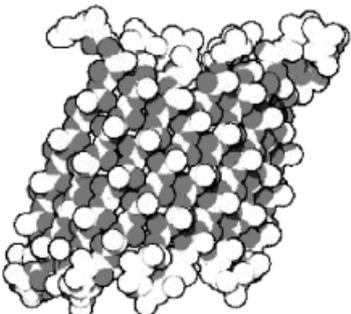
3.2 Тесты (тестовые задания)

3.2.1. . ОПК-6 Способен разрабатывать и применять на практике инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний и проведенных исследований с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений

№ задания	Формулировка вопроса теста						
79.	<p>Найдите соответствие:</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>1. Бактерии В</td> <td>А. Размер от 4-50 нм</td> </tr> <tr> <td>2. вирусы С</td> <td>В. Размер от 1-10 мкм</td> </tr> <tr> <td>3. белки А</td> <td>С. Размер от 10-200 нм</td> </tr> </table>	1. Бактерии В	А. Размер от 4-50 нм	2. вирусы С	В. Размер от 1-10 мкм	3. белки А	С. Размер от 10-200 нм
1. Бактерии В	А. Размер от 4-50 нм						
2. вирусы С	В. Размер от 1-10 мкм						
3. белки А	С. Размер от 10-200 нм						
80.	<p>Примеры наноматериалов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нанопористые структуры 2. Частицы (диаметр от 50 до 1000 нм) 3. Фуллерены 4. Наноструктурирующие поверхности и пленки 5. Коллоидные системы 						
81.	<p>Искусственные машины небольшого размера называются:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Нанороботы 2) Наноматериалы 3) наночастицы 						
82.	<p>Обязательным элементом бионанотехнологии является:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) инженерное конструирование на наноуровне 2) сборка "конструкций" 3) инженерное конструирование и сборка "конструкций" 4) инженерное конструирование и сборка "конструкций" на наноуровне 						
83.	<p>Нанотехнологии включают создание и использование материалов, устройств и технических систем, функционирование которых определяется наноуровнем их структуры, т.е. упорядоченными фрагментами размером от:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 1 до 100 нм 2) 0,1 до 100 нм 3) 0,01 до 10,0 нм 4) 1.0 до 10 нм 						
84.	<p>Ученый, который впервые употребил термин "нанотехнология":</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Р. Фейнман 2) Дж. Райан 						

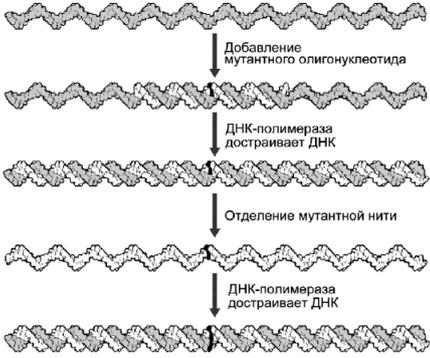
	3) Н. Танигути	
85.	Молекула ДНК представляет собой двойную наноспираль диаметром 2 нм и шагом 3,4 нм, на который приходится: 1 15 пар нуклеиновых оснований 2 10 пар нуклеиновых оснований 3 20 пар нуклеиновых оснований	
86.	Дольная единица измерения длины в Международной системе единиц, равная одной миллиардной части метра 1) нанометр 2) микрометр 3) ангстрем	
87.	Продуктом нанотехнологий являются 1) наноматериалы 2) рибосомы 3) биомашины	
88.	Вещество в наноматериалах находится в особом состоянии: 1) наноразмерном 2) растворенном 3) ионизированном	
89.	Решать задачи биологии, создавать инструменты из олигонуклеотидов ДНК, пептидных нанотрубок для сборки в наноконструкции позволяет _____ бионанотехнология	
90.	"Лаборатория на чипе", наносенсоры являются продуктами _____ нано биотехнологии	
91.	20 век – век: 1) нанотехнологий, 2) биотехнологий 3) информационных технологий	
92.	Биоинструменты для нанотехнологий (бионнтехнология): 1 самособрающиеся наноструктуры 2 биомолекулярная электроника 3 «клетка на чипе»	
93.	Термин "нанотехнология" впервые был употреблен в : 1) 2000 году. 2) 1993 году. 3) 1974 году.	
94.	Наноинструменты для биотехнологий (нанобиотехнология) : 1 наноматричная диагностика 2 квантовые точки в биологии 3 материалы, созданные по образцу живых систем	
95.	Фуллерены называют высшими фуллеренами, если количеством атомов: 1 более 60 2 более 70 3 более 80	
96.	Найдите соответствие:	
	1. обеспечивает максимальную изогнутость В	А. Аланин
	2. обеспечивает относительную жёсткость, негибкость полипептидной цепи А	В. Глицин

	3. участвует в образовании водородных связей C	C. аспарагин	
97.	<p>Если биомолекула "спроектирована" правильно, то в результате фолдинга формируется _____ структура, образуя машину, конформация которой идеально приспособлена к выполнению функции этой наномашинки.</p> <p>1) Единственная 2) Универсальная 3) Полифункциональная</p>		
98.	<p>Пептидная связь образуется между атомами:</p> <p>1) углерода и кислорода 2) углерода и азота 3) углерода и углерода 4) кислорода и водорода</p>		
99.	<p>Самая длинная из известных в настоящее время белковых цепей – аминокислотная последовательность белка титина – имеет более:</p> <p>1 46 000 аминокислот 2 10 000 аминокислот 3 26 000 аминокислот 4 80 000 аминокислот</p>		
100.	<p>Укажите биологические полимеры</p> <p>1) жирные кислоты 2) полипептиды 3) полисахариды 4) аминокислоты</p>		
101.	<p>Первичная структура белка – это:</p> <p>1) конфигурация полипептидной цепи 2) способ укладки полипептидной цепи в определенном объеме 3) порядок чередования аминокислот в полипептидной цепи 4) количественный состав аминокислот в полипептидной цепи</p>		
102.	<p>Что не относится к вторичной структуре белка?</p> <p>1) альфа-спираль 2) бета-складчатость 3) бета-изгиб 4) альфа-альфа структура</p>		
103.	<p>Связи, стабилизирующие α-спираль в молекуле белка:</p> <p>1) водородные 2) гидрофобные 3) сложноэфирные 4) электростатические</p>		
104.	<p>Мономерными звеньями ДНК являются</p> <p>1) азотистые основания 2) остатки пентозы 3) остатки фосфорной кислоты 4) нуклеотиды</p>		
105.	<p>Что не относят к природным бионаномашинам?</p> <p>1) рибосома 2) актин-миозиновый комплекс 3) антитела 4) коллагеновые волокна</p>		
106.	<p>Отличительные черты природных бионаномашин:</p> <p>1) слабая гравитация 2) инерция 3) отсутствие инерции 4) сильная гравитация</p>		
107.	<p>Средние размеры водорастворимых белков, чья концентрация в цитозоле клеток максимальна, составляет от 200 до ____ аминокислот 500</p>		
108.	<p>Каждая молекула <u>белка</u> начинается как <u>полипептид</u>, <u>транспируемый</u> из последовательности:</p> <p>1 <u>тРНК</u></p>		

	<p>2 мРНК 3 рРНК</p>
109.	<p>Клетки практически для всех задач формирования биоструктур используют: 1) белки; 2) нуклеиновые кислоты; 3) полисахариды; 4) липиды</p>
110.	<p>Структурными элементами нуклеиновых кислот являются _____ нуклеотиды</p>
111.	<p>У эукариот ДНК связана с белками - _____ .гистонами</p>
112.	<p>Большое количество _____ групп в полисахаридах образуют водородные связи с другими донорами или акцепторами.</p>
113.	<p>Липиды - это _____ молекулы , имеющие гидрофильные и липофильные фрагменты.</p>
114.	<p>Бионаномашинны были созданы в результате работы 1) конструкторов 2) инженеров 3) без участия конструкторов и инженеров</p>
115.	<p>Иерархические методы (стратегии), которые позволяют ассемблировать сложные наноструктуры из элементарных компонентов: 1) последовательный ковалентный синтез 2) химический синтез 3) самосборка 4) самоассемблирование</p>
116.	<p>Какая структура белка представлена на рисунке? 1 бетта-структура 2 альфа-структура 3 альфа-бетта структура</p> 

3.2.2..ПКв-1 Способностью применять знания и навыки в области разработки и применения генетических технологий, в том числе геномного редактирования

№ задания	Формулировка вопроса теста
117.	<p>Фермент, который соединяет разрезанные ДНК-фрагменты: 1) ДНК-полимераза 2) ДНК-лигаза 3) ДНК-синтаза</p>
118.	<p>Синтезирует новую ДНК, используя другую нить в качестве матрицы, фермент - _____. ДНК-полимераза</p>
119.	<p>Экспрессионные векторы – это 1) рРНК 2) Плазмиды 3) мРНК 4) иРНК</p>

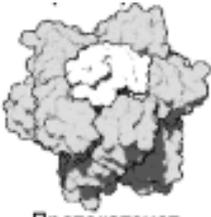
120.	<p>Антитела способны к специфическому нековалентному связыванию с молекулами, индуцирующими образование:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) этих белков 2) ферментов 3) ингибиторов
121.	<p>Каким методом бионанотехнологии можно реализовать данный процесс?</p>  <ol style="list-style-type: none"> 1) Бесклеточный синтез белка 2) Конструирование ДНК 3) Точечный мутагенез 4) Технология слияния белков
122.	<p>Каждая В-клетка синтезирует только единственный тип _____.</p>
123.	<p>Антитела называются моноклональными, поскольку они произведены _____ идентичных комбинированных клеток.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Секвенированием 2) Клонированием 3) Размножением 4) Слиянием
124.	<p>Для какого метода применяют специализированные проточные бесклеточные (cell-free) реакторы?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Бесклеточный синтез белка 2) Конструирование ДНК 3) Направленный точечный мутагенез 4) Технология слияния белков
125.	<p>Природные бионаномашинны сконструированы так, чтобы быть стабильными:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) в окружении липидов 2) в водном окружении 3) в окружении нуклеиновых кислот
126.	<p>Типичные бионаномашинны оптимально функционируют при температуре, °C :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 12 2) 25 3) 37 4) 42
127.	<p>В большинстве случаев природные бионаномашинны стабильны:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) на протяжении длительного времени 2) короткого периода времени 3) необходимого промежутка времени
128.	<p>Что отличает природные бионаномашинны от машин макромира:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) были созданы в результате работы инженеров 2) выполняют задачи в специфической окружающей среде 3) имеют несложную внешнюю поверхность. 4) работают в активном внешнем окружении (тяга, раскачивание)
129.	<p>Для строительства бионаномашин идеальными являются соединения:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) на основе азота 2) на основе углерода 3) на основе железа 4) на основе кислорода
130.	<p>Стабильные белковые глобулы образуются вследствие фолдинга, при котором гидрофобные аминокислоты перемещаются:</p>

	<p>1 внутри глобулы</p> <p>2 на поверхность глобулы</p> <p>3 к другим молекулам</p>
131.	<p>При самосборке биомолекулы формируют структуру, достигая:</p> <p>1)Термодинамического энергетического максимума</p> <p>2)термодинамического энергетического минимума</p> <p>3)термодинамического равновесия</p>
132.	<p>Сайт специфические (точечные) мутации вносятся в ген с помощью специальных:</p> <p>1 олигонуклеотидов</p> <p>2 полинуклеотидов</p> <p>3 мононуклеотидов</p>
133.	<p>Технология рекомбинантных ДНК используется для соединения целых генов, формируя <i>объединённый белок</i>, который:</p> <p>1 усиливает функцию одного компонента</p> <p>2 сочетает функции обоих компонентов</p> <p>3 снижает функции обоих компонентов</p>
134.	<p>В зависимости от изменений в пределах одного гена различают:</p> <p>1 делеции</p> <p>2 транзиции</p> <p>3 трансверсии</p> <p>4 трансдукции</p> <p>5 конверсии</p>
135.	<p>Нуклеиновые основания имеют ароматическую структуру, располагаясь стопкой одно над другим в водном растворе, что называется:</p> <p>1 стэкинг</p> <p>2 самосборка</p> <p>3 полимеризация</p>
136.	<p>Ядерные мутации подразделяются:</p> <p>1 на клеточные (изменение строения клетки)</p> <p>2 хромосомные (изменение структуры хромосом);</p> <p>3 геномные (изменение числа хромосом)</p>
137.	<p>Хромосомные мутации:</p> <p>1 мутации на уровне отдельных генов;</p> <p>2 изменение структуры хромосом;</p> <p>3 изменение числа хромосом</p>
138.	<p>Геномные мутации:</p> <p>1 мутации на уровне отдельных генов;</p> <p>2 изменение структуры хромосом;</p> <p>3 изменение числа хромосом</p>
139	<p>Делеции – это:</p> <p>1 выпадение одного или нескольких оснований</p> <p>2 замена одних нуклеотидов на другие так, что это не меняет ориентации пу-рин-пиримидин в пределах пары</p> <p>3 замены пар нуклеотидов, изменяющие ориентацию пу-рин-пиримидин</p>
140	<p>Транзиции – это :</p> <p>1 выпадение одного или нескольких оснований</p> <p>2 вставки лишней пары нуклеотидов</p> <p>3 замена одних нуклеотидов на другие так, что это не меняет ориентации пу-рин-пиримидин в пределах пары</p> <p>4 замены пар нуклеотидов, изменяющие ориентацию пу-рин-пиримидин</p>
141	<p>3',5' – фосфодиэфирная связь образует мостики между:</p> <p>1 аминокислотами</p> <p>2 моносахарами</p> <p>3 нуклеотидами</p>
142	<p>Чем определяется форма и функции биомолекул?</p>

	1) химическими особенностями атомов 2) свойствами водной среды 3) свойствами внешнего окружения 4) эволюционными аспектами
143	Какая химическая связь подвергается гидролизу при распаде белков до аминокислот? 1) водородная 2) пептидная 3) сложноэфирная электростатическая
144	<i>Рестрикционные ферменты</i> разрезают чужую ДНК в специфической области рестрикции, имеющей определённую последовательность: 1 нуклеотидов 2 аминокислот 3 моносахаров
145	Большинство рестрикционных ферментов разрезают ДНК так, что образуются комплементарные "липкие концы", которые затем могут самопроизвольно: 1 восстанавливаться 2 соединяться 3 изменяться
146	Обнаружить и экстрагировать специфический ген из организма позволяет метод: 1 технологии рекомбинантных ДНК 2 точечного мутагенеза 3 технологии слияния белков.
147	ДНК-полимераза используется для: 1 полного копирования фрагментов ДНК 2 слияние нескольких белков 3 вставки лишней пары нуклеотидов

3.2.3. ПКв-5 способен разрабатывать и масштабировать процессы биотехнологического производства, осуществлять разработку документации в связи с изменением технологического процесса производства БАВ

148	Самоассемблирование обеспечивает создание трёхмерных бионаномашин на основе только лишь одномерной информации, которая записана в: ДНК мРНК тРНК
149	Общие принципы конструирования, которые используются в природных бионаномашинах, обеспечивая самоассемблирование, следующие: 1) модульность 2) тщательная проработка межмодульных интерфейсов 3) обеспечение запланированности самоассемблирования 4) кооперативность
150	Вирусный капсид, который часто используются для создания полых белковых оболочек, обладает симметрией: 2) октаэдрической 3) тетраэдрической 4) икосаэдрической
151	В биомолекулах чаще всего трансляционная симметрия комбинируется с _____ симметрией. 1) планарной 2) вращательной 3) трехмерной
152	Сочетание топологического и химического подобия поверхностей модулей при самоассемблировании называют: 1 межмодульным интерфейсом 2 комплементарностью 3 кооперативностью
153	

154	<p>Какой тип симметрии имеет данный белок?</p>  <p>Протохлорофилл 3,4-диоксигеназа</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 объемная кубическая 2 вращательная 3 октаэдрическая
155	<p>Образование плоских решеток S-покровных белков, обнаруженных у сотен видов бактерий, имеют тип симметрии:</p> <ol style="list-style-type: none"> 5) планарная 6) линейная 7) кубическая
156	<p>Преимущества симметричных структур:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. экономия места в геноме 2. не выгодна с точки зрения исправления ошибок 3. невозможность использования явления кооперативности
157	<p>В состав топливных молекул входят обязательные компоненты:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 переносящая энергию функциональная группа; 2 молекулярный кронштейн 3 фрагмент ДНК
158	<p>Молекулярные кронштейны, к которым присоединены метастабильные резервуары энергии, устроены таким образом, чтобы их могли распознать бионаномашин, которые используют:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 топливные молекулы 2 молекулы ферментов 3 молекулярный кислород
159	<p>Биомолекулярные топливные молекулы имеют разнообразные кронштейны, построенные из:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 органических молекул 2 неорганических молекул 3 белков
160	<p>Метастабильность биологических топливных молекул достигается способами:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 они помещены в энергетически невыгодное окружение, 2 они содержат атомы, "замороженные" в метастабильном состоянии 3 они помещены в энергетически выгодное окружение 4 они содержат атомы в активном состоянии
161	<p>Самой распространенной биологической топливной молекулой является:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 АТФ 2 УДФ 3 ЦТФ
162	<p>Кофакторы – светопоглощающие молекулы (также именуемые хромофорами или пигментами):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 хлорофилл 2 тимидин 3 хиноны 4 пируват
163	<p>Бактериальные клетки используют оболочку из _____ для защиты их плазматической мембраны</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 пептидогликанов 2 полипептидов 3 углеводов
164	<p>Пептидогликаны состоят из длинных углеводных цепей, соединенных кросс-линками из:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 коротких пептидов 2 углеводов 3 полинуклеотидов

165	<p>Трёхмерная сеть актиновых нитей, промежуточных филаментов и микротрубочек формирует _____, который используется как для поддержания необходимой топологии клетки, так и в качестве "рельсов" для внутриклеточного транспорта:</p> <p>1 цитоскелет клетки 2 аппарат Гольджи 3 эндоплазматический ретикулум</p>
166	<p>Электронно-транспортная цепь представляет собой бионаноэлектрическую цепь, которая сопрягает перенос _____ с процессом формирования градиента протонов:</p> <p>1 электронов 2 ионов 3 молекул</p>
167	<p>Наиболее известными наноконтейнерами являются:</p> <p>1 липосомы 2 митохондрии 3 антитела</p>
168	<p>Фибрильными компонентами у растений является, главным образом:</p> <p>1 крахмал 2 ксилан 3 целлюлоза</p>
169	<p>Самоассемблирование обеспечивает создание трёхмерных бионаномашин на основе только лишь одномерной информации, которая записана в:</p> <p>1 ДНК 2 м РНК 3 рРНК</p>
170	<p>После синтеза белковой цепи на основе генетической информации последующие <u>процессы фолдинга и ассемблирования</u> происходят:</p> <p>1 без дополнительного источника информации об этапах и технологии образования финальной структуры 2 с использованием дополнительного источника информации об этапах и технологии образования финальной структуры 3 с неполным использованием дополнительного источника информации об этапах и технологии образования финальной структуры</p>

Критерии и шкалы оценки:

Процентная шкала **0-100 %**; отметка в системе

«неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично»

0-59,99% - неудовлетворительно;

60-74,99% - удовлетворительно;

75- 84,99% -хорошо;

85-100% - отлично.

3.3 Темы практических занятий

3.3.1 ОПК-6 Способен разрабатывать и применять на практике инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний и проведенных исследований с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений

№ задания	Формулировка темы семинара
171	Бионанотехнология на стыке нанотехнологии и биотехнологии
172	Ведущие ученые в нанонауке (Р.Зигмонди, Т. Сведберг, И.Лэнгмюр, Д. Бардин, У. Шокли, У. Браттейн, Г. Биннинг, Г. Рорер, Э. Руска, Ж.И. Алферов)
173	Программа развития nanoиндустрии в РФ
174	Наноструктуры (углеродные нанотрубки, фуллерены, нанопроводники, наностержни, магнитные наночастицы)
175	Методы манипулирования молекулами
176	Биоматериалы (трансплантаты, имплантаты) и гибридные наноматериалы
177	Бионаномшины (особенности строения и функции)
178	Нанонити и их применение для биологической детекции.

179	Наноособенности строения белков
180	Самоорганизация вирусов
181	Самоорганизация фосфолипидных мембран.
182	Нитчатые элементы цитоскелета как пример биологической наносборки
183	Нуклеиновые кислоты как матрицы для нанотехнологий (создание металлических нанопроводников, рибозимы)
184	Амилоидные фибриллы как наноструктуры, образующиеся путем самосборки

3.3.2 ПКв-1 Способностью применять знания и навыки в области разработки и применения генетических технологий, в том числе геномного редактирования

№ задания	Формулировка темы семинара
185	Аналитические методы бионанотехнологии (методы молекулярной биологии, структурный анализ, микроскопия, масс-спектрометрия, биофизические нанотехнологии)
186	Фолдинг белков и механизмы его регуляции
187	Формирование молекулярных комплексов
188	Антитела как молекулярные сенсоры узнавания
189	Взаимодействие рецепторов с лигандами
190	Рибосома – конвейер для сборки белков
191	Паутина и шелк как примеры природной сборки молекул
192	Протеосома как система контроля качества белков
193	Кинезин и динеин как природные нанодвигатели

3.3.3.ПКв-5 способен разрабатывать и масштабировать процессы биотехнологического производства, осуществлять разработку документации в связи с изменением технологического процесса производства БАВ

№ задания	Формулировка темы семинара
194	RNA- полимеры
195	Совершенствование лекарств за счет нанокристаллов
196	Контрастирующие магнитные наноматериалы
197	Нанотехнологии в сельском хозяйстве
198	Нанотехнологии и водные ресурсы
199	Бионанотехнологии в инженерии биологических тканей
200	Белковая инженерия
201	Наноособенности строения липидов. Использование липидов для строительства биомембран в природных бионаносистемах.
202	Наномедицина
203	Бактериофаги как новые биоматериалы
204	Применение биоминерализации в нанотехнологии
205	Организация бактериальных S-слоев как пример самосборки в биологии.
206	Наноконтейнеры для доставки лекарств
207	Нанотехнология и тканевая инженерия
208	Нанокосметика

209	Чем интересны гипертермофилы для белковых инженеров.
-----	--

Процентная шкала 0-100 %;

85-100% - отлично (практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; показан высокий уровень знания изученного материала по заданной теме, проявлен творческий подход, умение глубоко анализировать проблему и делать обобщающие практико-ориентированные выводы; работа выполнена без ошибок и недочетов или допущено не более одного недочета);

75- 84,99% - хорошо (практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; показан хороший уровень владения изученным материалом по заданной теме, работа выполнена полностью, но допущено в ней: а) не более одной негрубой ошибки и одного недочета; б) или не более двух недочетов);

60-74,99% - удовлетворительно (практическое задание выполнено в установленный срок с частичным использованием рекомендаций преподавателя; продемонстрированы минимальные знания по основным темам изученного материала; выполнено не менее половины работы или допущены в ней а) не более двух грубых ошибок, б) не более одной грубой ошибки и одного недочета, в) не более двух-трех негрубых ошибок, г) одна негрубая ошибка и три недочета, д) при отсутствии ошибок, 4-5 недочетов);

0-59,99% - неудовлетворительно (число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «удовлетворительно» или если правильно выполнено менее половины задания; если обучающийся не приступал к выполнению задания или правильно выполнил не более 10 процентов всех заданий).

3.4 Кейс-задания

3.4.1 ОПК-6 Способен разрабатывать и применять на практике инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний и проведенных исследований с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений

№ задания	Формулировка кейс-задания
210	<p>Нanomатериалы – продукт нанотехнологий. Это обширный класс множества различных материалов, объединяющий их различные семейства с практически интересными свойствами. Приведите примеры наноматериалов. Отметьте характерные черты наноматериалов. Что можно создать путем нанотехнологий?</p> <p>Ответ:</p> <p>Примеры наноматериалов: нанопористые структуры, наночастицы (диаметр от 5 до 100 нм, состоящие из 10^3-10^8 атомов), нанотрубки и нановолокна, нанодисперсии (коллоиды), наноструктурирующие поверхности и пленки, нанокристаллы и нанокластеры (частицы размером от 1 до 5 нм, содержащие до 1000 атомов).</p> <p>К характерным чертам наноматериалов можно отнести: они состоят из очень мелких составных частей (не увидеть невооруженным глазом), обладают суперминиатюризацией, что позволяет разместить на единице площади больше функциональных устройств; обладают сверхплотной магнитной записью информации (10 терабайт¹ на 1 см²);</p> <p>обладают большой удельной площадью поверхности, ускоряющей взаимодействие между ними и средой, в которой они помещены; пример, наночастицы позволяют отсеять бактерии, поглотить примеси или токсины; кроме того, вещество в наноматериалах находится в особом, «наноразмерном» состоянии. Имеет место проявление квантово-механических эффектов при доминирующей роли поверхностей раздела. Эффект соизмерим с так называемым корреляционным радиусом того или иного физического явления; у них отсутствуют структурные дефекты. Путем нанотехнологий можно создать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - крошечные по размеру запоминающиеся устройства с мультитерабитовым объемом памяти; - технологии обработки веществ и материалов на атомарном и молекулярном уровне;

	<ul style="list-style-type: none"> - сверхпрочные материалы и новые транспортные средства на их основе; - сверхминиатюрные транзисторы для повышения быстродействия компьютеров в миллион раз; - генетические и медицинские препараты против заболеваний (раковых); - новые материалы и процессы для защиты окружающей среды, методы очистки воды и воздуха и т.д.
211	<p>Объясните, как защита бактерий против вирусной инфекции может применяться в технологиях рекомбинантных ДНК?</p> <p>Ответ: Создание современной технологии геномного редактирования, которая уже с успехом применяется на разных животных, растениях, грибах и бактериях, базируется на исследованиях бактериальных систем CRISPR-Cas. Изначально предполагалось, что они участвуют в ликвидации поврежденных бактериальной ДНК, но в 2007 г. стало ясно, что истинное предназначение этих систем – борьба с вирусами бактерий, бактериофагами. На сегодня известно пять основных, весьма хитроумных механизмов защиты, которые бактерии выработали в непрерывной борьбе с вирусами: изменение рецептора на поверхности клетки; исключение суперинфекции; системы abortивной инфекции; системы рестрикции-модификации и, наконец, системы CRISPR-Cas. На сегодня известно несколько стратегий, которые бактерии используют в борьбе с вирусами и плазмидами, в результате чего удается либо воспрепятствовать проникновению чужеродной ДНК в бактериальные клетки, либо уничтожить ее уже внутри бактерии. К таким способам защиты относятся изменение бактериальных клеточных рецепторов, исключение суперинфекции (множественного заражения), системы рестрикции-модификации, разрушающие всю «чужую» неметилированную ДНК). В некоторых случаях бактериальная клетка даже идет на «самоубийство», чтобы ограничить численность вирусного потомства (системы abortивной инфекции). Одним из самых впечатляющих примеров механизмов бактериального иммунитета являются системы CRISPR-Cas, основанные на «запоминании» патогенов. К средствам противовирусной защиты бактерий относятся и системы рестрикции-модификации, в которые входят гены, кодирующие два белка-фермента – рестриктазу и метилазу. Рестриктаза узнает определенные последовательности ДНК длиной 4—6 нуклеотидов и вносит в них двуцепочечные разрывы. Метилаза, напротив, ковалентно модифицирует эти последовательности, добавляя к отдельным нуклеотидным основаниям метильные группы, что предотвращает их узнавание рестриктазой. В ДНК бактерии, содержащей такую систему, все сайты модифицированы. И если бактерия заражается вирусом, ДНК которого не содержит подобной модификации, рестриктаза защитит от инфекции, разрушив вирусную ДНК. Изучение систем рестрикции-модификации привело к созданию технологии молекулярного клонирования. С помощью рестриктаз можно вырезать ген из одного организма и вставить в геном другого, получив химерную рекомбинантную ДНК. Вариации этого подхода применяют в фармацевике, н-р, для наработки инсулина или терпепептических антител. Лекарства такого рода созданы с помощью молекулярного клонирования, то есть продукт геномной модификации.</p>
212	<p>На сегодняшний день методами бионанотехнологии построены десятки искусственных биообъектов. Опишите, как Вы представляете практическое использование биологических систем и достижений биотехнологии в настоящее время</p> <p>Ответ:</p> <p>Практическое использование биологических систем и достижений биотехнологии в настоящее время идёт в двух главных направлениях:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Бионанотехнология решает различные задачи, в том числе не связанные с биологией, с помощью сборок из биомолекул. В этом случае роль биологических компонентов заключается главным образом в их специфичности, разнообразии и способности к образованию сложнейших структур из относительно простых строительных блоков. Биология может предоставить уникальные инструменты, которые пока невозможно получить другим способом. Например, метод молекулярной литографии, когда белки размером несколько нанометров служат защитным слоем при создании золотых проводников на молекулах ДНК. 2) Нанобиотехнология решает биологические задачи с помощью достижений нанотехнологии. Применяемые для этой цели наноструктуры могут быть построены вовсе без биомолекул, например, только из кремниевых ("lab-on-a-chip") или углеродных нано-

	<p>структур (подложки из углеродных нанотрубок для тканевой инженерии). Основные направления, например, это:</p> <ul style="list-style-type: none"> - создание сложных молекул, которые ищут больные или раковые клетки; - разработка сенсоров для диагностирования заболеваний; - использование заместительной терапии искусственно синтезируемыми молекулами (для лечения сахарного диабета); - создание матриц из сотен или тысяч наношприцов для безболезненного подкожного введения биомолекулярных лекарств; - разработка носителей-транспортёров лекарств (через начальные отделы ЖКТ); - обнаружение и количественное определение биологических материалов биохимическими методами, такими как иммунохимический анализ, ферментативные реакции, а также с помощью РНК- и ДНК-технологий; - создание инструментов из олигонуклеотидов ДНК, пептидных нанотрубок, белковых фибрилл.
213	<p>Идеальная кооперация наномашин в теле человека обеспечивает все процессы жизнедеятельности – питание и дыхание, рост, восприятие внешних сигналов и реакцию на них, энергетическую самодостаточность и размножение. Приведите примеры наномашин, которые, на Ваш взгляд, активно используются человеком. Что отличает природные бионаномшины от машин макромира?</p> <p>ОТВЕТ: Примеры используемых наномашин человеком: ферменты - пепсин, лизоцим; амилазы. Отличия природных бионаномашин от машин макромира можно свести к следующим:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Бионаномшины были созданы в результате эволюции, а не в результате работы конструкторов, инженеров и дизайнеров. 2. Бионаномшины были созданы эволюцией для выполнения своих задач в чрезвычайно специфической окружающей среде, в условиях активного действия особых, необычных для нашего макромира сил со стороны этого окружения. 3. У них очень сложная внешняя поверхность. 4. Они работают в активном внешнем окружении 5. Компоненты бионаномашин связаны между собой сложным набором взаимодействий (связывающих и антисвязывающих). В своем наномире бионаномшины практически не ощущают силы гравитации и инерции, хотя именно эти силы являются доминирующими в мире макромашин. Мир бионанотехнологии – это необычный, быстроменяющийся, движущийся мир, в котором действуют совсем другие правила и законы, чем в привычном нам макромире. В микромире инерция не является заметным фактором; можно пренебрегать гравитационными силами. Движение таких объектов определяется их взаимодействием с окружающими молекулами, которые толкают их со всех сторон. Присутствует атомная гранулярность (дискретность). Наноразмерные объекты построены из дискретной комбинации целого числа взаимодействующих между собой атомов. Представление о непрерывном изменении некоторого пространственного параметра неприменимы к наномиру. Для дискретных наборов атомов не определены такие макроскопические коллективные свойства как вязкость и трение. Взаимодействие бионаномашин в природе организовано иначе – сначала отдельные бионаномшины синтезируются с высокой точностью, а затем они помещаются в нужное место клетки. Различные бионаномшины находят друг друга в результате случайных блужданий и диффузии. Бионаномшины работают, образуя комплексы с другими бионаномашинами, объединяясь и разъединяясь в ходе работы. В клетке размером микрометр любые две молекулы встречаются друг друга каждую секунду. Форма и функции биомолекул определяются двумя основными факторами: 1) химическими особенностями атомов, из которых состоит биомолекула; 2) особыми, необычными свойствами водной среды, в которой функционирует биомолекула. Если биомолекула "спроектирована" правильно (а это именно так в случае природных биомолекул), то в результате фолдинга формируется только одна (единственная) структура, образуя наноразмерную машину, конформация которой идеально приспособлена к выполнению функции этой наномашин.

214	<p>Перед научным коллективом поставлена задача провести небольшие изменения в существующих природных белках для того, чтобы приспособить их функции к данной задаче. Какой метод рационально использовать в этом случае? Какой его механизм?</p> <p>Ответ: целесообразно использовать метод точечного мутагенеза. Направленный точечный мутагенез (или сайт-специфический мутагенез, site-directed mutagenesis) используется для того, чтобы модифицировать аминокислотную последовательность белка, сделав специфические изменения в структуре гена, кодирующего этот белок. В этом случае возможно сделать изменения с атомной точностью в структуре белковой цепи, видоизменяя его функции и пространственную структуру.</p> <p>В последовательность ДНК вносятся изменения с определенной вероятностью. Мутагенными факторами (мутагенами) могут быть различные химические и физические воздействия. После получения мутантных организмов производят скрининг и отбор тех, которые удовлетворяют цели мутагенеза. Сайт специфические (точечные) мутации вносятся в ген с помощью специальных олигонуклеотидов. Олигонуклеотид полностью комплементарен гену везде, кроме того сайта, в котором произведено изменение. Это изменение может соответствовать: только замене одной аминокислоты на другую; представлять собой небольшую вставку или удаление короткого участка гена.</p>
215	<p>Как известно, применяя технологию слияния белков, можно использовать для своих нужд свойства обоих компонентов (белков). Объясните, как можно обеспечить конструирование химерных белков. Какие области применения технологии слияния белков с использованием клеточных механизмов транспорта белков известны?</p> <p>Ответ: Для соединения целых генов и формирования объединённых белков, которые сочетают функции обоих компонентов, используют технологию рекомбинантных ДНК. При этом, разрабатывая место "стыковки" доменов, необходимо следить, чтобы соединяемые белки не заблокировали друг друга в процессе фолдинга. Большинство природных белков достаточно прочны и сохраняют свою функциональность даже при объединении в большие структуры.</p> <p>Область применения технологии слияния белков с использованием клеточных механизмов транспорта белков:</p> <ul style="list-style-type: none"> - в клетках белки, которые должны быть перенесены к разным клеточным компартментам, отмечаются специальными сигнальными пептидами на концах белковых цепей. Эти пептиды распознаются транспортными системами клетки и, после доставки в нужный компартмент, удаляются. Используя технику рекомбинантных ДНК, можно добавить сигнальный пептид к данному белку, направляя его тем самым в специфическую область клетки. Например, можно добавить сигнальный пептид, адресующий белок в секреторные везикулы. Такой белок будет выводиться из клетки во внеклеточную среду, где его уже достаточно легко собрать и очистить. <p>Перспективным также является конструирование химерных белков. Комбинируя два белка, можно получить новый, гибридный белок, обладающий функциями обеих компонентов.</p>

3.5.2 ПКв-1 Способностью применять знания и навыки в области разработки и применения генетических технологий, в том числе геномного редактирования

№ задания	Формулировка кейс-задания
216	<p>Объясните, какой иерархический принцип Вы будете применять при сборке бионаномашин? Перечислите особенности работы бионаномашин, общие принципы конструирования, которые используются в природных бионаномашинах, обеспечивая самоассемблирование</p> <p>Ответ: Природные бионаномашинны созданы для работы внутри клетки, чтобы быть стабильными в водном окружении. Они были оптимизированы именно для такой</p>

среды и не могут оптимально функционировать, если их поместить в другие среды.

Особенности работы бионаномашин:

- Типичные бионаномашинны оптимально функционируют при температуре около 37°C, хотя в особых случаях биомолекулы могут быть созданы и для работы при высоких температурах вплоть до 90°C. Бионаномашинны созданы так, чтобы быть стабильными при этих температурах (но не слишком стабильными, т.к. они должны быть достаточно гибкими для осуществления своих функций). При физиологических температурах происходит интенсивное тепловое движение биомолекул и окружающих их молекул воды. Силы, связывающие атомы в биомолекулах, являются достаточно прочными, чтобы образовывать стабильные структуры, выдерживающие постоянные толчки, сопровождающие тепловое движение и удары со стороны молекул воды. Однако эти силы являются достаточно слабыми, чтобы обеспечить возможность сборки и разборки бионаномашин без применения экстремальных энергоресурсов.

- Природные бионаномашинны сконструированы так, чтобы быть стабильными на протяжении биологически необходимого промежутка времени. Большинство бионаномашин функционируют всего несколько секунд. Редко создаются бионаномашинны для работы в течение более одного года.

- Природные бионаномашинны собираются быстро, используются для специальных задач, а затем разбираются, обеспечивая тем самым клетку исходными материалами для строительства новых машин. Для строительства машин с такими свойствами идеальными являются органические молекулы на основе углерода. Они обеспечивают большой набор взаимодействий в водном окружении, стабильны при физиологических температурах. Комбинируя углерод с несколькими другими атомами – кислородом, водородом, азотом, серой, фосфором – может быть синтезировано бесконечное разнообразие молекул с различными химическими свойствами.

Все компоненты (детали) бионаномашинны сначала "изготавливаются" в виде достаточно легко деформируемых полимеров. Каждая из этих частей предварительно спонтанно сворачивается в компактную структуру, и только затем все эти структуры ассемблируются, опять-таки, самопроизвольно, в функциональные комплексы. Такой процесс называется – самоассемблирование.

Самоассемблирование обеспечивает создание трёхмерных **бионаномашин** на основе только лишь одномерной информации, которая записана в ДНК.

На основе генетической информации происходит синтез белковой цепи, а следующие процессы фолдинга и ассемблирования происходят уже без дополнительного источника информации об этапах и технологии образования финальной структуры.

Для успешного завершения процесса самоассемблирования каждая часть будущей структуры должна:

1) быть изначально рассчитана и сконструирована так, чтобы в финале образовывался стабильный комплекс;

2) содержать в себе всю информацию, которая будет необходима в процессе самосборки, программируя весь механизм ассемблирования, в том числе и защиту от образования неправильно собранных структур.

Общие принципы конструирования, которые используются в природных бионаномашиннах, обеспечивая самоассемблирование следующие:

1) модульность

2) тщательная проработка межмодульных интерфейсов

3) обеспечение уникальности взаимодействий между субъединицами

4) обеспечение спонтанности самоассемблирования

5) кооперативность.

217

Объясните, какой метод Вы будете применять, чтобы сконструировать белок, просто изменяя структуру гена, кодирующего этот белок. Перечислите основные "инструменты" технологии. Какие задачи позволяет решать данная технология?

Ответ: Чтобы _сконструировать белок, просто изменяя структуру гена, кодирующего этот белок, целесообразно применить технологию рекомбинантных ДНК. Метод является ключевым в бионанотехнологии. Она позволяет конструировать любой белок. Ос-

новные "инструменты" технологии – природные ферменты: рестрикционные ферменты и ДНК-лигаза. Они позволяют "редактировать" генетический "текст", записанный в ДНК. Рестрикционные ферменты разрезают ДНК на определённых участках. Фермент ДНК-лигаза соединяет разъединённую молекулу ДНК.

Рестрикционные ферменты, такие как фермент *EcoRI*, синтезируются бактериями для защиты от вирусных инфекций. Они разрезают чужую ДНК в специфической области рестрикции, имеющей определённую последовательность нуклеотидов. В то же время собственные ДНК, имеющие такие же последовательности, модифицируются таким образом (метилируются), что рестрикционные ферменты не разрезают собственные ДНК бактерии. Вирусные же ДНК постоянно разрезаются рестрикционными ферментами.

Большинство рестрикционных ферментов разрезают ДНК так, что образуются комплементарные "липкие концы", которые затем могут самопроизвольно соединяться. Помещая затем фрагменты разных ДНК с одинаковыми "липкими концами" в общий раствор, можно получить вполне определённый набор слившихся ДНК.

Таким образом, рестрикционные ферменты, которые были созданы природой для разрушения, оказались удобным инструментом для редактирования ДНК с атомной точностью.

Что позволяет данная технология?

- обнаружить и экстрагировать специфический ген из организма;
- дуплицировать и определить структуру большого количества интересующих генов;
- искусственно мутировать, реорганизовать и соединить гены или создать совершенно новый ген, наращивая его нуклеотид за нуклеотидом;
- заменить этими генами исходные гены клетки, изменив, тем самым, генотип клетки.

Какими исходными принципами Вы будете пользоваться при конструировании сложных наноструктур из элементарных компонентов? Перечислите иерархические методы (стратегии), которые позволят Вам решить эту задачу, обоснуйте свое решение.

Ответ: Выделяют четыре иерархических метода (стратегии), которые позволяют ассемблировать сложные наноструктуры из элементарных компонентов:

- а) Последовательный ковалентный синтез
- б) Ковалентная полимеризация
- в) Самосборка
- г) Самоассемблирование

Последовательный ковалентный синтез используется для создания множества малых органических молекул, которые имитируют функции биологических аналогов. В этом случае функциональные группы или отдельные атомы непосредственно связываются друг с другом в ковалентные молекулы необходимой формы. Атомы могут быть скомбинированы практически в любых комбинациях, включая сильно деформированные и напряжённые конструкции.

Ковалентная полимеризация - структуры строятся из модульных блоков, которые соединяются в линейные или разветвлённые цепи. Например, химический синтез ДНК твердотельными методиками и синтез ДНК в клетках.

Самосборка или самоорганизующийся синтез. В этом случае также используется принцип модульной сборки, но модули соединяются в структуру нековалентно. Типичными примерами являются молекулярные кристаллы (например, твердый кислород или метан, кристаллы сахара или белка) и жидкие кристаллы (в дисплеях мобильных телефонов и мониторов). В клетках примерами самособранных структур являются мицеллы и биомембраны собранные из липидов (липосомы для доставки лекарств). При самосборке молекулы формируют структуру, достигая термодинамического энергетического минимума, спонтанно находя при этом самую энергетически выгодную комбинацию взаимодействий между модулями, но, не формируя ковалентных связей между ними.

Самоассемблирование определяется как спонтанное ассемблирование молекул в структурированные, стабильные, нековалентно-связанные агрегаты. Два наиболее

	<p>распространённых процесса самоасSEMBлирования это белковый фолдинг и самоасSEMBлирование мультиглобулярных структур.</p> <p>Оба процесса включают быстрый перебор (вследствие случайных термических флуктуаций) различных возможных конформаций до тех пор, пока не будет достигнут термодинамический минимум. Высокоспецифичные взаимодействия определяют геометрию финальной структуры.</p>
219	<p>Объединение биологических методик и методик химического синтеза позволяют конструировать длинные ДНК-цепи, состоящие из природных ДНК или же совершенно новые ДНК. Для манипулирования ДНК исследователи используют широкий набор природных биомолекул. Перечислите компоненты технологии. Какие рестрикционные ферменты целесообразно использовать ? Почему?</p> <p>Ответ: Компоненты технологии для конструирования ДНК следующие:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Рестрикционные ферменты, изолированные из бактерий (более 100 ферментов). 2) ДНК-лигаза, соединяющая разрезанные ДНК-фрагменты. После того, как "липкие концы" соединятся, ДНК-лигаза достраивает недостающие связи для восстановления сахарофосфатного остова непрерывной спирали ДНК. 3) ДНК-полимераза синтезирует новую ДНК, используя другую нить в качестве матрицы, образуя двойную спираль по одинарной нити. ДНК-полимераза используется для заполнения однонитевых "дыр" и для полного копирования фрагментов ДНК. <p>Используются рестрикционные ферменты, которые синтезируются бактериями для защиты от вирусных инфекций. Они разрезают чужую ДНК в специфической области рестрикции, имеющей определённую последовательность нуклеотидов. В то же время собственные ДНК, имеющие такие же последовательности, модифицируются таким образом (метилируются), что рестрикционные ферменты не разрезают собственные ДНК бактерии. Вирусные же ДНК постоянно разрезаются рестрикционными ферментами.</p> <p>Большинство рестрикционных ферментов разрезают ДНК так, что образуются комплементарные "липкие концы", которые затем могут самопроизвольно соединяться. Помещая затем фрагменты разных ДНК с одинаковыми "липкими концами" в общий раствор можно получить вполне определённый набор слившихся ДНК.</p> <p>Таким образом, рестрикционные ферменты, которые были созданы природой для разрушения, оказались удобным инструментом для редактирования ДНК с атомной точностью. В настоящее время технология рекомбинантных ДНК постоянно совершенствуется. Изобретаются новые методы для использования клеточной механики биосинтеза белков.</p>
220	<p>Перед лабораторией поставлена задача создать моноклональные антитела для антигена. Какой метод целесообразно применить? Какой используется принцип при решении этой задачи? Является ли метод универсальным, то есть насколько вероятно создание антител для различных антигенов?</p> <p>Ответ: Целесообразно применить метод моноклональных антител. Это антитела, вырабатываемые иммунными клетками, принадлежащими к одному клеточному клону, то есть произошедшими из одной плазматической клетки-предшественницы. Моноклональные антитела могут быть выработаны против почти любого природного антигена (в основном <u>белки</u> и <u>полисахариды</u>), который антитело будет специфически связывать. Они могут быть далее использованы для детекции (обнаружения) этого вещества или его очистки.</p> <p>Для реализации данного метода используется принцип работы иммунной системы животного организма. Иммунная система человека способна синтезировать около 10^{15} различных видов антител, каждый с индивидуальной специфичностью. Комбинируя эту природную библиотеку молекул с современными методами синтеза антител, сегодня стало возможным получать антитела, обладающие высокой специфичностью к любой молекуле.</p>

	<p>Антитела синтезируются В-клетками (В-лимфоциты, вид белых кровяных телец) и составляют около 20% белка в плазме крови человека. Каждая В-клетка синтезирует только единственный тип антител. На своей поверхности В-клетка имеет прочно связанные с её мембраной "сигнальные" антитела того типа, который она способна синтезировать. Связывание этих присоединенных антител данной В-клетки с соответствующим антигеном стимулирует В-клетку к началу размножения и активного синтеза антител. Однако число актов деления В-клеток ограничено, поэтому не удастся синтезировать необходимое количество антител. В конце 70-х годов В-клетки были соединены с "бессмертными" раковыми клетками. Полученные комбинированные клетки можно культивировать, синтезируя нужное количество антител. Антитела называются моноклональными антителами, поскольку они произведены клонированием идентичных комбинированных клеток. Сегодня моноклональные антитела могут быть синтезированы для практически любого антигена.</p>
221	<p>Объясните, для какой цели применяют вирусы в технологии синтеза белков? Что такое плазмиды? Поясните термин промотор и обоснуйте его использование в технологии синтеза белка.</p> <p>Ответ: После процедуры конструирования нужной молекулы ДНК, применив технологию рекомбинантных ДНК, ее используют для синтеза планируемого белка.</p> <p>Для этого нужны экспрессионные векторы – плазмиды, которые содержат необходимый ген, и активный промотор трансляции.</p> <p>Промотор, который обычно получают из вирусов, стимулирует модифицированную клетку синтезировать большое количество мРНК по плазмидному ДНК-вектору. Наиболее широко используют для этой цели бактериальные клетки. Такие трансформированные клетки синтезируют большое количество нужного белка – порядка 1–10 % всего белкового содержимого клетки.</p> <p>Преимущества использования бактерий – их простое культивирование, и достаточно дешёвые методы ферментации, что позволяет выращивать большое количество бактериальной культуры, имея скромные ресурсы.</p> <p>Недостатки использования бактерий – 1) Клетки эукариот часто модифицируют синтезированные белки, а бактерии не способны осуществлять такие посттрансляционные химические модификации. Например, многие животные и растительные белки имеют углеводные группы на поверхности (гликопротеины), а бактерии не могут осуществить такое гликозилирование белков. Это может иметь фатальные последствия при синтезе белков для медицинских нужд. Многие из таких белков для того, чтобы быть активными должны иметь необходимые углеводные группы, и иммунная система будет бороться с такими немодифицированными белками.</p> <p>2) При использовании бактерий <u>белки начинают агрегироваться</u>, когда их концентрация превышает некоторый уровень, образуя белковые включения в клетках. Такие включения представляют собой прочные белковые агрегаты, различимые в оптический микроскоп и распространяющиеся через всю бактериальную клетку. Они формируются, когда новые белки случайным образом ассоциируются ещё до того, как завершится их фолдинг. Для разъединения белковых нитей необходимо использовать достаточные жесткие внешние условия.</p> <p>Плазмиды — небольшие молекулы <u>ДНК</u>, физически отдельные от <u>геномных хромосом</u> и способные <u>реплицироваться</u> автономно. Как правило, плазмиды встречаются у <u>бактерий</u> и представляют собой двухцепочечные кольцевые молекулы, но изредка плазмиды встречаются также у <u>архей</u> и <u>эукариот</u>. Размер плазмид варьирует от 1 до свыше 1000 тысяч <u>пар оснований</u></p> <p>Промотор (<u>англ. promoter</u>) — вещество, добавляемое к <u>катализатору</u> в небольших количествах с целью улучшения его свойств, таких, как активность, селективность или стабильность.</p>
222	<p>Возникающий в воде гидрофобный эффект определяет свойства биомолекул и</p>

взаимодействие между ними. Какова роль гидрофобного эффекта в формировании структуры биомолекул? В чем значение гидрофобного эффекта на молекулярном уровне ?

Ответ: Молекулы воды интенсивно взаимодействуют между собой, образуя водородные связи. Стабильность водного раствора определяется комбинацией энтальпий ван-дер-ваальсовых и водородных связей и энтропии, которая стремится увеличить число беспорядочно ориентированных молекул. Водородные связи между молекулами воды энтальпически выгодны, поскольку при этом образуется много стабилизирующих взаимодействий. Они также энтропически выгодны, поскольку каждая молекула воды имеет неограниченное количество возможностей для взаимодействия со всеми остальными молекулами воды, причем все эти взаимодействия имеют одинаковую энергию.

Любое воздействие, которое будет нарушать этот процесс должно обеспечить эквивалентное количество энтальпии во взаимодействиях с таким же количеством энтропического разнообразия, в противном случае оно будет энергетически невыгодным. Однако биомакромолекулы собраны, главным образом, из углерода, который очень слабо взаимодействует с окружающей водой. Когда углеводородные молекулы помещаются в воду, молекулы воды, окружающие углеводороды, теряют свою способность свободно формировать и перестраивать водородные связи с соседними молекулами воды.

С одной стороны, они, взаимодействуя с углеводородами и образуя с ними слабые ван-дер-ваальсовые связи, проигрывают энергетически, поскольку они теряют возможность образовывать водородные связи с теми молекулами воды, на чьем месте расположилась молекула углеводорода. С другой стороны, молекулы воды, примыкающие к углеводороду, стремятся максимально использовать оставшиеся возможные взаимодействия с соседними молекулами воды, а это ограничивает их способность к свободному перемещению по водному раствору. Они формируют *клатратную конструкцию* вокруг каждого углеводородного включения, что снижает энтропию, а значит, энергетически невыгодно. Если собрать эти углеводородные включения и сгруппировать их в одном месте, то ситуация «улучшится». Общая площадь поверхности углеводородной фазы, которая доступна молекулам воды будет уменьшаться по мере ассоциирования углеводородных молекул. При этом множество молекул воды будут «освобождены» из клатратных корзинок в раствор. Углеводороды в свою очередь будут увеличивать число дисперсионных связей между собой. Всё это снижает общую энергию системы и проявляется как гидрофобный эффект, собирающий углеводороды в единую фазу с возможно большим числом освобожденных в раствор молекул воды.

На молекулярном уровне гидрофобный эффект является движущей силой большинства процессов самосборки в биомолекулярной механике. Иногда более удобно представлять себе гидрофобный эффект как определённые гидрофобные взаимодействия, которые стабилизируют ассоциат углеводородных молекул. Важно отметить, что такие стабилизирующие взаимодействия являются следствием освобождения в раствор молекул воды, а не какого-либо внутреннего взаимодействия между углеводородными молекулами.

Гидрофобный эффект широко используется в бионаномеханике. Гидрофобные компоненты используются практически во всех типах бионаномашин. Стабильные белковые глобулы образуются вследствие фолдинга, при котором гидрофобные аминокислоты перемещаются внутрь глобулы. ДНК и РНК цепи образуют компактные двойные спирали так, чтобы спрятать гидрофобные плоскости их азотных оснований. Липиды самособираются в бислоиные мембраны так, чтобы их углеводородные хвосты были спрятаны внутрь мембраны. Гидрофобный эффект управляет ассемблированием этих структур и бионаномашин и стабилизирует их финальную структуру

3.5.3.ПКв-5 способен разрабатывать и масштабировать процессы биотехнологического производства, осуществлять разработку документации в связи с изменением технологического процесса производства БАВ

№ задания	Формулировка кейс-задания
223	<p>Эволюция отобрала для инженеров большой набор разнообразных методов дизайна функциональных бионаноструктур. Используя новейшие результаты молекулярной биологии, разработчики бионаномашин переходят от этапа исследования природных прототипов к этапу масштабирования процессов биотехнологического производства создания оригинальных бионаноустройств. Предложите технологию искусственных белков.</p> <p>Ответ: Очевидно, что не для всех задач бионанотехнологии существуют природные белки-прототипы. Поэтому одной из основных целей бионанотехнологии является разработка методик проектирования совершенно новых (de novo) полипептидных цепей, способных к фолдингу и выполнению необходимых нанотехнологических операций. При этом имеется ввиду действительно конструирование белковой цепи "с нуля", из набора аминокислот (from scratch), а не внесение незначительных правок в уже существующие белки методом гомологического моделирования. Начиная с 80-х годов XX века по мере накопления опыта такие попытки конструирования белков de novo становились всё более успешными. De novo дизайн белка целесообразно начинать с проектирования той укладки полипептидной цепи, которая бы обеспечила функциональность проектируемого белка. Во-первых, нужно подобрать тот набор мотивов и блоков белковой укладки, который оптимален для данной задачи. Затем под эту укладку подобрать ту последовательность аминокислот, которая обеспечит фолдинг цепи. Для успешного проектирования критически важным является использование принципа негативного дизайна. Аминокислотная цепь должна быть спроектирована так, чтобы энергетически выгодной была только одна, целевая конформация.</p>
224	<p>Эволюция отобрала для инженеров большой набор разнообразных методов дизайна функциональных бионаноструктур. Используя новейшие результаты молекулярной биологии, разработчики бионаномашин переходят от этапа исследования природных прототипов к этапу масштабирования процессов биотехнологического производства создания оригинальных бионаноустройств. Предложите технологию нестандартных аминокислот.</p> <p>Ответ: Биосинтез белков ограничен набором из двадцати стандартных аминокислот, незначительная доля которых может быть посттрансляционно модифицирована. И хотя этого оказывается достаточно для реализации всех структур и функций, которые востребованы эволюцией, для нанотехнологических применений желательнее иметь большее химическое разнообразие. Для размещения нестандартных аминокислот в белковой цепи было разработано несколько методов. Проще всего внедрить такую аминокислоту в полипептидную цепь при полном химическом синтезе белковой цепи. Однако химический синтез белков является слишком дорогой процедурой, чтобы можно было его всерьёз рассматривать в качестве кандидата на промышленное внедрение. Другой подход состоит в комбинации химического и биологического синтезов – короткие пептиды, содержащие нестандартные аминокислоты, синтезируют химически, а основную массу белковой глобулы – биологически, а затем ковалентно связывают эти фрагменты. Биологический синтез белков безусловно дешевле химического. Но для включения нестандартной аминокислоты необходимо "обмануть" трансляционный аппарат рибосомы. Один из вариантов заключается в конструировании дополнительной транспортной РНК для доставки нестандартной аминокислоты к рибосоме и использование одного из стоп-кодонов для определения местоположения нестандартной аминокислоты в белковой цепи. Клетки используют три разных стоп-кодона: UAG, UAA и UGA. Один из них и используют для кодирования нестандартной аминокислоты. Соответственно, транспортная РНК для этой аминокислоты должна содержать необходимый антикодон. Затем синтезируют мРНК, в которой во всех позициях, где должна быть расположена нестандартная аминокислота, помещают этот выбранный</p>

	<p>стоп-кодон. Синтез белков проводят в бесклеточной системе, в которую добавляют необходимую нестандартную аминокислоту. Рибосома вставляет эту аминокислоту всякий раз, когда встречает данный стоп-кодон в мРНК. При этом остаётся одна проблема – бесклеточные системы белкового синтеза представляют собой, как правило, экстракт цитозоля клетки, содержащий среди всех необходимых компонентов для проведения белкового синтеза также и факторы терминации трансляции, которые связываются с трансляционным комплексом как раз при попадании в него стоп-кодона. Эти факторы терминации трансляции будут конкурировать с новой тРНК, несущей нестандартную аминокислоту. В результате связывания рибосомы с факторами терминации трансляции в тех местах мРНК, где должны быть вставлены нестандартные аминокислоты, рибосома прекратит трансляцию и в системе окажется множество укороченных нефункциональных белковых цепей.</p>
225	<p>Эволюция отобрала для инженеров большой набор разнообразных методов дизайна функциональных бионаноструктур. Используя новейшие результаты молекулярной биологии, разработчики бионаномашин переходят от этапа исследования природных прототипов к этапу масштабирования процессов биотехнологического производства создания оригинальных бионаноустройств. Предложите технологию молекулярных наноконтейнеров</p> <p>Ответ: Молекулярные наноконтейнеры представляют собой молекулярную оболочку, окружающую молекулу (или ион) транспортируемого вещества с целью предотвращения неспецифических взаимодействия с компонентами среды. Главным, но не единственным, направлением разработки наноконтейнеров является создание фармакологических векторов для доставки лекарственных веществ.</p> <p>Наиболее известными наноконтейнерами являются липосомы. Особое значение имеют собственно молекулярные структуры, способные заключать в себя и транспортировать молекулярные "грузы". Такого рода природные наносаттеллы (или переносчики) уже рассматривались в предшествующих дисциплинах, например, пептидный антибиотик-ионофор валиномицин, который облегчает транспорт ионов калия через клеточные мембраны.</p> <p>К молекулярным наноконтейнерам можно отнести также и эндоэдральные фуллерены. Принцип самосборки молекулярных конструкций, который является, возможно, одним из наиболее востребованных технологических принципов из тех, которые были "изобретены" и доведены до совершенства эволюцией, и которые в настоящее время интенсивно осваиваются и внедряются человечеством в небιологические отрасли производства. Накопление опыта использования самособирающихся структур идёт по пути от простого к сложному, от простейших конструкций, содержащих две-три не слишком сложные молекулы к сложным системам (например, липосомальным конструкциям), включающим миллионы молекул. При этом одновременно используются как уже хорошо изученные природные молекулярные прототипы, так и синтезируются принципиально новые абиологические молекулярные компоненты.</p> <p>Например, хорошо изученные циклические олигомеры глюкозы – циклодекстрины – также используются для "упаковывания" молекул в наноконтейнеры. Циклодекстрины различают по количеству остатков глюкозы, содержащихся в одной их молекуле. Так простейший представитель – состоит из 6 глюкопиранозных звеньев, есть циклодекстрин, который содержит 7, а есть – 8 звеньев.</p> <p>Форма молекул циклодекстринов представляет собой полый усечённый конус. Данная форма стабилизирована водородными связями между ОН-группами, а также гликозидными связями. Все ОН-группы в циклодекстринах находятся на внешней поверхности молекулы. Поэтому внутренняя полость циклодекстринов является гидрофобной и способна образовывать в водных растворах комплексы включения с другими молекулами органической и неорганической природы. В комплексах включения кольцо циклодекстрина является</p>

	<p>"молекулой хозяином", включённое вещество называют "гостем".</p>
226	<p>Эволюция отобрала для инженеров большой набор разнообразных методов дизайна функциональных бионаноструктур. Используя новейшие результаты молекулярной биологии, разработчики бионаномашин переходят от этапа исследования природных прототипов к этапу масштабирования процессов биотехнологического производства создания оригинальных бионаноустройств. Предложите ДНК технологии для электроники</p> <p>Ответ: Известно производство нанопроводников с помощью ДНК. ДНК является удобным функциональным материалом для нанотехнологии, а структуры, которые получают из ДНК, являются инертными. Особые свойства ДНК и ее способность к специфичному взаимодействию с различными белками находят прямое применение в нанотехнологии. Группа ученых из Израильского Технического университета "Технион"предложила следующий вариант: частицы серебра осаждались на двухцепочечной молекуле ДНК и наращивались до образования металлического проводника равномерной толщины. Сначала была создана микроскопическая (0,5 мкм-0,5 мкм) система золотых электродов, в которой были сформированы параллельные участки длиной 50 мкм. К этим участкам ковалентно присоединялись олигонуклеотидные линкеры. Затем эти электроды были соединены ДНК-шивкой длиной 16 мкм с липкими концами длиной 12 азотистых оснований, каждый из которых был комплементарен одному из олигонуклеотидных линкеров на электродах. После этого на этот ДНК-мостик наносился слой катионов серебра, происходила агрегация атомов серебра в нанокластеры, в результате формировался нанопроводник. Так были получены проводники длиной до 100 нм, обладающие омической проводимостью. Одно из важнейших преимуществ нанопроводников на основе ДНК состоит в возможности "записи" в молекулу ДНК информации, необходимой для её связывания с другими компонентами. Это позволяет создавать электрические цепи посредством самосборки. Затем эта же группа провела исследования молекулярной литографии на единственной молекуле ДНК. Для этого был использован белок, специфически связывающийся с уникальными последовательностями в цепи ДНК Молекулы данного белка, связываясь с ДНК, закрывают определённые участки цепи от химической металлизации. Метод обеспечивает осаждение металла на строго определённых участках ДНК, заданных её последовательностью. Авторы назвали метод молекулярной литографией. Если провести аналогию с традиционной литографией, то информация, закодированная в молекуле ДНК, играет роль маски, а связывающийся с ДНК белок является эквивалентом защитного слоя. Сами молекулы ДНК, а также те молекулярные конструкции, которые создают, используя ДНК, также можно использовать в качестве литографической маски. Группа исследователей из Университета Питтсбурга (США) показала возможность такого применения ДНК-структур</p>
227	<p>Эволюция отобрала для инженеров большой набор разнообразных методов дизайна функциональных бионаноструктур. Используя новейшие результаты молекулярной биологии, разработчики бионаномашин переходят от этапа исследования природных прототипов к этапу масштабирования процессов биотехнологического производства создания оригинальных бионаноустройств. Предложите возможные продукты для наномедицины</p> <p>Ответ: Одной из особенностей нанотехнологии является принципиальная возможность создать медицину, контролирующую состояние здоровья и, при необходимости, применяющую персональную терапию для каждого отдельно взятого человека. Поскольку человеческий организм в результате эволюции является превосходной самосогласованной системой биологических молекул, то наноманипуляции такими молекулами, их направленная модификация и дизайн являются естественными областями применения бионанотехнологии. От природы мы получили наследство в виде множества бионаномашин нашего организма, систем защиты организма (таких как иммунная система), репарационных систем (таких, как система свёртывания крови и заживления ран), используя которые бионанотехнология может не только восстанавливать нарушен-</p>

ные функции организма, но и создавать новые, не существующие в природе.

Иммунотоксины. При лечении многих заболеваний возникает необходимость уничтожить целую клетку. Например, онкологические заболевания являются следствием неконтролируемого деления необратимо трансформированных клеток, поэтому при антираковой терапии необходимо найти и уничтожить такие клетки, не затрагивая окружающие их нормальные клетки тканей. Для этого проще всего использовать подходящие природные белки-токсины, синтезируемые растениями и микроорганизмами, которые характеризуются выраженной клеточной специфичностью. Как правило, такие токсины состоят как минимум из двух доменов – один обеспечивает специфичность связывания, а другой – токсичность воздействия. Если отделить от такого белкового яда каталитическую субъединицу с активным токсичным центром и присоединить её к молекуле антитела, которая специфически связывается только с целевыми раковыми клетками, то в результате получится химерная белковая молекула – иммунотоксин. Иммунотоксины являются, образно говоря, "белками-камикадзе". Они, попадая в клетку, убивают её и погибают сами в результате этого. Попадая в клетку, убивают её и погибают сами в результате этого. Раковые клетки отличаются от нормальных набором адгезивных мембранных белков, обеспечивающих межклеточные контакты. Именно эти белки и являются мишенями для связывания иммунотоксинов.

Липосомы. При обработке водных дисперсий фосфолипидов ультразвуком образуются моноламеллярные липосомы – искусственные везикулы, состоящие из липидного бислоя, окружающего водный объём диаметром порядка 100 нм. Липосомы могут транспортировать как водорастворимые молекулы во внутреннем водном объёме, так и липофильные водонерастворимые молекулы в гидрофобной области липидного бислоя. Если липосомы синтезированы из естественных липидов, то они не токсичны, не иммуногенны (не вызывают иммунологического отторжения организмом) и биodeградебельны. Для защиты липосомы от неспецифической агрегации и, тем самым, увеличения нахождения липосом в кровотоке к липидам бислоя ковалентно присоединяют молекулы полиэтиленгликоля (ПЭГ).

Нанонити. Обнаружение биологических и химических объектов является главным во многих областях здравоохранения и биологии – от выявления и диагностики болезней, до открытия и скрининга молекул новых лекарственных препаратов. Наноструктуры, такие как нанонити и нано-кристаллы, предлагают новые, а иногда уникальные возможности для создания сверхчувствительных сенсоров. Диаметры этих наноструктур сопоставимы с размерами биологических и химических молекул распознаваемых объектов (аналитов), и, таким образом, представляют перспективные системы для регистрации и усиления сигналов, которые, в конечном счете, регистрируются электроникой. Неорганические нанопровода и нанокристаллы проявляют уникальные электрические и оптические свойства, которые могут быть использованы для анализа. Существенное изменение электронных свойств полупроводниковых нанопроводников обеспечивает сверхвысокую чувствительность к аналитам даже без использования селективных лигандов и, что самое перспективное, прямое преобразование детектируемого события в электрический сигнал без использования каких бы то ни было конверторов. Сигналы от таких электронных биосенсоров могут немедленно направляться в регистрирующие устройства, сами нанобиосенсоры легко интегрируются в миниатюрные датчики и, кроме того, прямое электрическое обнаружение обходится без затраты времени на химическую маркировку.

Критерии и шкалы оценки:

- **оценка «зачтено»** выставляется студенту, если решение кейс-задания является самостоятельным, оригинальным текстом, в котором прослеживается продуманная система аргументов, а также наличествуют обоснованные выводы; используются термины, понятия по дисциплине, в рамках которой решается задача; текст ответа логически выстроен, представлено правильное решение предложенной задачи

- **оценка «не зачтено»**, выставляется студенту, если решение кейс-задания не является самостоятельным, оригинальным текстом, в котором не прослеживается система аргументов, а также отсутствуют обоснованные выводы; не используются термины, понятия по дисциплине, в рамках которой решается задача; текст ответа композиционно не выстроен;

не представлено правильное решение предложенной задачи

8. Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины.**

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценки	
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции
<p>ОПК-6 Способен разрабатывать и применять на практике инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний и проведенных исследований с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений</p> <p>ИД-1_{ОПК-6} – разрабатывает инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе современного состояния и перспектив инновационной деятельности в биотехнологии с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений</p>					
Знать:	Знание методов в бионанотехнологии, структурных и функциональных принципов бионанотехнологии (собеседование)	Изложение методов, применяемых в бионанотехнологии, структурных и функциональных принципов бионанотехнологии	Изложены методы, применяемые в бионанотехнологии, структурные и функциональные принципы бионанотехнологии	Зачтено/ 60-100	Освоена (базовый)
			Не изложены методы, применяемые в бионанотехнологии, структурные и функциональные принципы бионанотехнологии	Не зачтено/ 0-59,99	Не освоена (недостаточный)
Уметь:	Дискуссия по теме практического занятия, решение тестовых заданий	Умение применять инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний и проведенных исследований с учетом экономических и других ограничений	Самостоятельно применены инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний	Зачтено/ 60-100	Освоена (повышенный)
			Не применены инновационные решения в научной и производственной сферах биотехнологии на основе новых знаний	Не зачтено/ 0-59,99	Не освоена (недостаточный)
Владеть:	Решение кейс-задачи	Правильное решение предложенной задачи. Демонстрация владения навыками применения достижений нанотехнологии в белковой инженерии, электронике, наномедицине, сельском хозяйстве, производстве наноматериалов, нанобионике	Приведена демонстрация навыков применения достижений нанотехнологии в белковой инженерии, электронике, наномедицине, сельском хозяйстве, производстве наноматериалов, нанобионике	Зачтено/ 60-100	Освоена (повышенный)
			Не приведена демонстрация навыков применения достижений нанотехнологии в белковой инженерии, электронике, наномедицине, сельском хозяйстве, производстве наноматериалов, нанобионике	Не зачтено/ 0-59,99	Не освоена (недостаточный)
ПКв-1 Способностью применять знания и навыки в области разработки и применения генетических технологий, в том числе геномного редактирования					

ИД2П _{КВ-1} – применяет современные генетические технологии в практической деятельности для получения биотехнологической продукции.					
Знать:	современные генетические технологии и направления их использования в практической деятельности для получения биотехнологической продукции (собеседование)	Изложение современных генетических технологий и направлений их использования в практической деятельности для получения биотехнологической продукции.	Самостоятельно предложил современные генетические технологии и направления их использования в практической деятельности для получения биотехнологической продукции.	Зачтено/ 60-100	Освоена (базовый)
			Не предложил современные генетические технологии и направления их использования в практической деятельности для получения биотехнологической продукции.	Не зачтено/ 0-59,99	Не освоена (недостаточный)
Уметь	Дискуссия по теме практического занятия, решение тестовых заданий	Умение использовать знания и навыки в области разработки и применения генетических технологий	Самостоятельно предложил пути использования знаний и навыков в области разработки и применения генетических технологий	Зачтено/ 60-100	Освоена (повышенный)
			Не предложил пути использования знаний и навыков в области разработки и применения генетических технологий	Не зачтено/ 0-59,99	Не освоена (недостаточный)
Владеть:	Решение кейс-задачи	Правильное решение предложенной задачи. Демонстрация владения навыками аналитических методов бионанотехнологии (молекулярной биологии, структурного анализа, масс-спектрометрии, биофизическими нанотехнологиями)	Приведена демонстрация навыков владения аналитическими методами бионанотехнологии (молекулярной биологии, структурного анализа, микроскопии, масс-спектрометрии, биофизическими нанотехнологиями)	Зачтено/ 60-100	Освоена (повышенный)
			Не приведена демонстрация навыков аналитическими методами бионанотехнологии (молекулярной биологии, структурного анализа, микроскопии, масс-спектрометрии, биофизическими нанотехнологиями)	Не зачтено/ 0-59,99	Не освоена (недостаточный)
ПКВ-5 способен разрабатывать и масштабировать процессы биотехнологического производства, осуществлять разработку документации в связи с изменением технологического процесса производства БАВ					
ИД1 _{ПКВ-5} – проводит расчет параметров и режимов технологического процесса получения БАВ, расчет эффективности внедрения новой технологии в производство БАВ					
Знать :	Процессы биотехнологического производства	Излагает процессы биотехнологического производства	Самостоятельно изложил процессы биотехнологического производства	Зачтено/ 60-100	Освоена (базовый)
			Не изложил процессы биотехнологического		

			производства	Не зачтено/ 0-59,99	Не освоена (недостаточ- ный)
Уметь:	Дискуссия по те- ме практического занятия, решение тестовых заданий	Умение осуществ- лять расчет параметров и режимов технологического процесса	Самостоятельно осуществил расчет параметров и режимов технологического процесса	Зачтено/ 60-100	Освоена (по- вышенный)
			Не осуществил расчет параметров и режимов технологического процесса	Не зачтено/ 0-59,99	Не освоена (недостаточ- ный)
Владеть:	Решение кейс- задачи	Правильное решение предложенной задачи Демонстрация владения способами масштабирования процессов биотехноло- гического производства,	Приведена демонстрация владения спосо- бами масштабирования процессов биотехноло- гического производства,	Зачтено/ 60-100	Освоена (по- вышенный)
			Не приведена демонстрация владения спосо- бами масштабирования процессов биотехно- логического производства,	Не зачтено/ 0-59,99	Не освоена (недостаточ- ный)