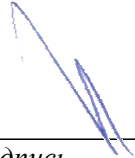


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Факультет Естественных Наук

Согласовано
Декан ФЕН
Резников В. А.


_____ *подпись*
« 17 » августа 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

направление подготовки: 06.04.01 Биология
направленность (профиль): Биология

Форма обучения: очная

Разработчики:

Д.б.н., чл.-корр. РАН Жарков Дмитрий Олегович

Руководитель программы:

Д.б.н., проф. Рубцов Н.Б.

Новосибирск, 2021

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий. Программа курса лекций.....	5
5. Перечень учебной литературы	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся ..	9
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	9
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	9
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	10
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	10
Приложение 1 Аннотация по дисциплине	
Приложение 2 Оценочные средства по дисциплине	

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>ПК-2. Способен осуществлять выбор форм и методов охраны и использования результатов интеллектуальной деятельности в соответствующей профессиональной области, связанных с живыми системами, в том числе за рубежом.</p>	<p>ПК-2.1. Выбирает формы и методы правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности, используемых для ведения конкурентоспособной деятельности в соответствующей профессиональной области, в том числе за рубежом.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основы оценок риска в применении к синтетическим биологическим системам. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выбирать организм-шасси для реализации разработанных синтетических биологических систем. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками поиска в информационных системах биотехнологической информации
	<p>ПК-2.2. Решает задачи, связанные с правовой охраной и введением в гражданский оборот прав на результаты интеллектуальной деятельности, используемые в соответствующей профессиональной области.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные принципы стандартизации синтетических биологических систем. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • составить формальное описание синтетических биологических систем. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • языком SBOL в объеме, достаточном для описания синтетических биологических систем.
<p>ПК-3. Способен проводить научно-исследовательские разработки при исследовании самостоятельных тем</p>	<p>ПК-3.1. Применяет теоретические и эмпирические модели при планировании и реализации научных исследований</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные принципы контроля экспрессии генов в клетках бактерий и эукариот; • подходы к глобальной модификации геномов; • принципы инженерии основных клеточных компартментов бактерий, грибов, животных и растений; • примеры применения подходов синтетической

		<p>биологии для создания организмов, несущих ценные хозяйственные признаки;</p> <ul style="list-style-type: none"> • принципы дизайна и стратегию применения полусинтетических биологических систем; • подходы к созданию биоортогональных систем с альтернативными способами хранения и реализации биологической информации. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выделять основные элементы в генных сетях; • предсказывать ответ элементарных генных контуров на внешние стимулы. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами конструирования генных сетей из элементарных генетических контуров.
	<p>ПК-3.2. Участвует в разработке общего плана реализации эксперимента и отдельных этапов его выполнения.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные методы сборки генетических конструкций; • стандарт BioBricks; • основные методы измерения активности генов; • современные методы редактирования геномов в живых клетках. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • планировать генетические конструкции для производства белков и РНК; • моделировать поведение синтетических биологических систем аналитическими и стохастическими

		методами. Владеть: • навыками работы с программным обеспечением для сборки и анализа генетических конструкций.
--	--	---

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения дисциплины «Синтетическая биология»:

Биохимия

Генетика

Иммунология

Клеточная биология

Микробиология

Молекулярная биология

Физическая химия

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины «Синтетическая биология»:

Новейшие молекулярно-генетические технологии

Организация и функционирование молекулярно-генетических систем.

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Трудоемкость дисциплины – 3 з.е. (108 ч)

Форма промежуточной аттестации: экзамен

№	Вид деятельности	Семестр 3
1	Лекции, ч	36
2	Практические занятия, ч	-
3	Лабораторные занятия, ч	-
4	Занятия в контактной форме, ч, из них	40
5	из них аудиторных занятий, ч	36
6	в электронной форме, ч	-
7	консультаций, ч	2
8	промежуточная аттестация, ч	2
9	Самостоятельная работа, ч	68
10	Всего, ч	108

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

3 семестр

Лекции (36 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Вводная часть курса	3
Стандарты синтетической биологии	9
Синтетическая биология на шасси различных организмов	16
Искусственные клетки и генетические коды	4
Общие принципы дизайна синтетических биологических систем	4

Самостоятельная работа студентов (68 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям	23
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	13
Решение проектных задач	24
Подготовка к экзамену	8

Программа курса лекций

1. История синтетической биологии. Этические вопросы

Определения синтетической биологии. Основные исторические вехи. Культурно-исторические аспекты направленного изменения человека и биологических организмов. Восприятие синтетической биологии в современном обществе. Социальные риски синтетической биологии: «игра в бога» и создание искусственной жизни, экологические риски, биобезопасность и биотерроризм, вопросы глобального неравенства и интеллектуальной собственности. Движение биохакеров. Олимпиада iGEM.

2. Стандарты синтетической биологии. Методы сборки ДНК

Общая теория и стратегия сборки синтетических конструкций ДНК. Методы сборки индивидуальных конструкций. Лигирование рестрикционных фрагментов: системы GoldenGate и MoClo, сборка по метилированным концам, стратегия итеративного кэппинга. Методы, основанные на полимеразной цепной реакции: ТА- и топо-ТА-клонирование, ПЦР с липкими концами, ПЦР с расширяющимся перекрыванием, клональная цепная реакция, лигазная цепная реакция. Методы, основанные на рекомбинации: безлигазное клонирование ПЦР-продуктов, сборка с выщеплением урацила, сборка по Гибсону, система In-Fusion, система λ -Red, RecA-зависимая сборка *in vitro*, RecA-независимая сборка *in vitro*, система Cre/Lox, система Gateway, сборка ДНК в клетках дрожжей. Стратегии мультимодульной сборки. Мультиплазмидные системы в *E. coli*. Метод геномных векторов *Bacillus subtilis*. Метод мультигенной инженерии GreenMonster. Создание комбинаторной сложности при сборке. Стандартизация сборки ДНК. Стандарты BioBrick. Альтернативные стандарты: BglBrick, BioScaffold, 2ab, ePathBrick. Направления развития методов и стандартов сборки ДНК.

3. Стандартизация измерения экспрессии генов

Понятие стандартизации в молекулярной биологии. Центральная догма молекулярной биологии и поток информации в клетке. Стандартизация в синтетической биологии. Концепция контроля экспрессии генов. Управление экспрессией генов. Измеряемые величины в определении активности генов. Стандартизация репортерных белков. Задачи и проблемы стандартизации методов молекулярной биологии для целей синтетической биологии. Стандартизация спектрофотометрических измерений активности систем транскрипции и трансляции. Стандартизация электрофоретических измерений активности систем транскрипции и трансляции. Проблемы стандартизации количественной ПЦР.

Измерение числа молекул РНК с помощью количественной ПЦР. Используемые методы стандартизации количественной ПЦР. Высокопроизводительные системы для измерения числа транскриптов. Сериальный анализ экспрессии генов. Экспрессионные биочипы. Проблемы стандартизации измерения белков в синтетической биологии. Вестерн-блоттинг и определение белка *in situ*. Иммуноферментный анализ. Направления развития стандартов измерения экспрессии генов.

4. Синтетическая биология в клетках бактерий

Дизайн и изменение генов бактерий. Контроль транскрипции. Контроль трансляции. Контроль терминации транскрипции. Синтетические генные сети в бактериях. Классические генные контуры. Принципы дизайна синтетических генных сетей. Математическое моделирование поведения синтетических генных сетей. Детерминированные и стохастические модели синтетических генных сетей. Важность биологического шума в функционировании и дизайне синтетических генных сетей. Методы исследования взаимоотношений между архитектурой сетей, биологическим шумом и выходом синтетических генных сетей. Биоиндустриальные приложения синтетических генных сетей: оптимизация качества, уровня продукции и выхода рекомбинантных белков. Новые концепции в дизайне синтетических генных сетей. Реинжиниринг генома бактерий. Синтетические геномы. Редактирование ДНК в масштабах генома. Сборка геномов. Инженерия периплазматического пространства. Периплазма как основной секреторный компартмент бактерий. Периплазматическая и транспериплазматическая секреция рекомбинантных белков. Инженерия периплазматического пространства для улучшения биотехнологических свойств бактерий. Концепция периплазматического «защитного рва». Инженерия поверхности бактериальных клеток. Имобилизация биокатализаторов на поверхности клеток. Модификация клеточных стенок бактерий для дизайна вакцин. Инженерия клеточной поверхности для бактериотерапии. Инженерия молекул гликокаликса.

5. Синтетическая биология в эукариотических клетках

Инженерия внешней клеточной мембраны. Функционализация поверхности дрожжевых клеток. Инженерия иммунного синапса. Аутобиотинилирование поверхности клеток млекопитающих. Инженерия поверхности клеток млекопитающих. Программирование органелл. Редактирование генома хлоропластов. Количественное измерение событий внутри живой клетки. Технологии трансфера митохондрий. Эукариотические гены и их синтетические варианты. Синтетические промоторы *Pichiapastoris*. Контроль транскрипции при помощи технологии CRISPR/Cas9. Компьютерный анализ последовательностей промоторов. Контроль трансляции у эукариот. Контроль терминации транскрипции у эукариот. Сети синтетических генов в клетках млекопитающих. Осцилляторная синтетическая генная сеть в клетках млекопитающих. Эукариотические синтетические генные сети для выполнения логических операций. Современные тенденции в дизайне синтетических генных сетей эукариот. Инженерия в масштабах эукариотического генома. Проблема формирования фенотипа в эукариотических клетках. Геномное редактирование. Система CRISPR/Cas9 как инструмент геномного редактирования. Направления развития технологий геномного редактирования. Синтетические подходы к биотерапии. Терапевтическое придание функций клеткам. Контролируемая элиминация клеток. Современные проблемы синтетической биотерапии.

6. Синтетическая биология растений

Методы инженерии растительных геномов. *Agrobacterium* как инструмент доставки генов. Вирусные векторные системы. Применение синтетической биологии в растениеводстве. Реинжиниринг фотосинтеза. Инженерия синтетических симбиозов. Синтетическая биология в защите растений. Синтетико-биологические подходы для улучшения пищевой ценности растений. Инженерия биодоступности микроэлементов в пищевых сельскохозяйственных культурах. Оптимизация состава и содержания липидов и пищевых волокон. «Зелёная фармацевтика». Инженерия растений для получения технических волокон и топлив. Растения как биосенсоры, биоремедиация. Новые направления в инженерии растений.

7. Полусинтетические минимальные клетки: теория и конструирование

Проблема синтетической жизни. Концепции аутопоэза и «минимальной жизни». Химический аутопоэз в мицеллярных системах. Второе поколение везикул. Механизм репродукции везикул. Репродукция везикул, не содержащих жирных кислот. Слияние везикул. Полусинтетические подходы к конструированию минимальных клеток. Биохимические реакции в липосомах. Бесклеточные системы синтеза белка. Продукция растворимых белков в липосомах. Продукция мембранных белков в липосомах. Синтез нуклеиновых кислот в липосомах. Математическое моделирование синтетических клеток. Перспективы инженерии биосинтетических реакций в везикулах. Биофизические аспекты реакций в везикулах: стохастический захват молекул, эффект исключенного объема, перераспределение содержимого после деления. Биотехнологические перспективы синтетических клеток. Реконструкция биологических процессов в синтетических клетках. Синтетические клетки как инструменты для исследований и технологий. Конструкция синтетических клеток, способных к взаимодействию с нормальными клетками.

8. Новые методы кодирования в биологических системах

Понятие биоортогональности. Примеры используемых ортогональных генетических кодов у бактерий, дрожжей и животных. Использование ненатуральных аминокислот для кодирования посттрансляционных модификаций. Кодированное ацетилирование, метилирование и убиквитилирование остатков лизина. Кодированное фосфорилирование серина и тирозина. Сайт-специфичное введение окисленных аминокислот. Ненатуральные аминокислоты как инструменты для исследования внутриклеточных процессов. Пара-бензоилфенилаланин и другие производные фенилаланина и лизина, используемые для получения УФ-сшивок белков в клетках. Фотоактивируемые ненатуральные аминокислоты. Биоортогональная химия. Ортогональные рибосомы. Систематическая оптимизация новых генетических кодов.

9. Общие принципы дизайна синтетических биологических систем

Что такое дизайн в приложении к синтетической биологии? Математическое моделирование в синтетической биологии. Списки деталей. Формальные языки конструирования. Языки и инструменты моделирования. Оптимизация сетей. Инженерия деталей. Инструменты редактирования ДНК. Системы автоматического проектирования и управления потоками работ для синтетической биологии.

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение / Б. Глик, Дж. Пастернак ; пер. с англ. Н.В. Баскаковой [и др.]; под ред. Н.К. Янковского. – Москва : Мир, 2002. – 589 с. (6 экз.)

2. Щелкунов С. Н. Генетическая инженерия : учеб. пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Новосибирск : Сиб. унив. изд-во, 2004 – 496 с. (23 экз.).
3. Редактирование генов и геномов / [Д.Ю. Гушин, Е.И. Устьянцева, С.П. Медведнев, Е.К. Хлесткина и др.] ; отв. ред.: С.М. Закиян [и др.] ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Федер. исслед. центр Ин-т цитологии и генетики Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Новосиб. гос. ун-т [и др.]. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2016. (2 экз.)
4. Патрушев Л. И. Искусственные генетические системы. Т.1. Генная и белковая инженерия. М. : Наука, 2004. – 526 с. (1 экз.)
5. Воробьев П. Е. Основы молекулярной биологии. Учебное пособие. <http://e-lib.nsu.ru/dsweb/Get/Resource-976/page00000.pdf>

5.2 Дополнительная литература

6. Гены по Льюису : [для студентов, аспирантов и преподавателей] / Дж. Кребс, Э. Голдштейн, С. Килпатрик ; пер. с англ. [10-го издания] под ред. Д.В. Ребрикова и Н.Ю. Усман. 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Лаборатория знаний, 2018. – 919 с. : ISBN 978-5-906828-24-8 (15 экз.)
7. Молекулярная биология клетки : с задачами Джона Уилсона и Тима Ханта : [в 3 т.] / Б. Альбертс, А. Джонсон, Дж. Льюис [и др.]. – Москва ; Ижевск : Ин-т компьютерных исследований : Регуляр. и хаотич. динамика, 2013. ISBN 978-5-4344-0137-1 (2 экз.)

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

8. Дымшиц Г. М., Саблина О. В. Основные начала молекулярной биологии : учебное пособие. – Новосибирск : Издательско-полиграфический центр НГУ, 2020. – 195 с. <http://e-lib.nsu.ru/dsweb/Get/Resource-5963/page0000.pdf>.
9. Тарасова М. В. Практикум по биотехнологии : [в 2 ч.] : учебно-методическое пособие : [для магистрантов ФЕН НГУ]. — Новосибирск : Издательско-полиграфический центр НГУ, 2017. — ISBN 978-5-4437-0599-6 <https://e-lib.nsu.ru/dsweb/Get/Resource-2798/page001.pdf>

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

При освоении дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС, электронную почту.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

БД «National Center for Biotechnology Information»: www.ncbi.nlm.nih.gov

БД «Protein Data Bank»: www.rcsb.org

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1 Перечень программного обеспечения

Microsoft Windows (лицензионное ПО)

Microsoft Office (лицензионное ПО)

UNIPROGene (свободное ПО)

Kinetiscope (свободное ПО)

9.2 Информационные справочные системы

Не используются.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины «Синтетическая биология» используются специальные помещения: учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень результатов обучения по дисциплине «Синтетическая биология» и индикаторов их достижения представлен в виде знаний, умений и владений в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

В ходе курса студенты решают индивидуальные проектные задачи. Для того, чтобы быть допущенным к экзамену, студент должен посетить не менее 70 % занятий и сдать решение индивидуальной проектной задачи.

Промежуточная аттестация:

Итоговую оценку за семестр в виде любой положительной или неудовлетворительной оценки студент может получить на устном экзамене в конце семестра либо по итогам решения индивидуальной проектной задачи.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Синтетическая биология»

Таблица 10.1

Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
ПК-2	ПК-2.1. Выбирает формы и методы правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности, используемых для ведения конкурентоспособной деятельности в	Знать: <ul style="list-style-type: none">• основы оценок риска в применении к синтетическим биологическим системам. Уметь: <ul style="list-style-type: none">• выбирать организм-шасси для реализации разработанных	Индивидуальные проектные задачи

	соответствующей профессиональной области, в том числе за рубежом.	синтетических биологических систем. Владеть: <ul style="list-style-type: none"> • навыками поиска в информационных системах биотехнологической информации 	
	ПК-2.2. Решает задачи, связанные с правовой охраной и введением в гражданский оборот прав на результаты интеллектуальной деятельности, используемые в соответствующей профессиональной области.	Знать: <ul style="list-style-type: none"> • основные принципы стандартизации синтетических биологических систем. Уметь: <ul style="list-style-type: none"> • составить формальное описание синтетических биологических систем. Владеть: <ul style="list-style-type: none"> • языком SBOL в объеме, достаточном для описания синтетических биологических систем. 	Индивидуальные проектные задачи
ПК-3	ПК-3.1. Применяет теоретические и эмпирические модели при планировании и реализации научных исследований	Знать: <ul style="list-style-type: none"> • основные принципы контроля экспрессии генов в клетках бактерий и эукариот; • подходы к глобальной модификации геномов; • принципы инженерии основных клеточных компартментов бактерий, грибов, животных и растений; • примеры применения подходов синтетической биологии для создания организмов, несущих ценные хозяйственные признаки; • принципы дизайна и стратегию применения полусинтетических биологических систем; • подходы к созданию биоортогональных систем с альтернативными способами хранения и 	Экзамен

		<p>реализации биологической информации.</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выделять основные элементы в генных сетях; • предсказывать ответ элементарных генных контуров на внешние стимулы. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методами конструирования генных сетей из элементарных генетических контуров. 	
	<p>ПК-3.2. Участвует в разработке общего плана реализации эксперимента и отдельных этапов его выполнения.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные методы сборки генетических конструкций; • стандарт BioBricks; • основные методы измерения активности генов; • современные методы редактирования геномов в живых клетках. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • планировать генетические конструкции для производства белков и РНК; • моделировать поведение синтетических биологических систем аналитическими и стохастическими методами. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками работы с программным обеспечением для сборки и анализа генетических конструкций. 	<p>Экзамен, индивидуальные проектные задачи</p>

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
<p><u>Решение индивидуальных проектных задач:</u> – правильный ход решения задачи.</p> <p><u>Экзамен:</u> – знание принципов дизайна синтетических биологических систем; – полнота их понимания и изложения; – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала; – точность и корректность применения терминов и понятий; – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p>	<i>Отлично</i>
<p><u>Решение индивидуальных проектных задач:</u> – правильный ход решения задачи, с возможным присутствием ошибок, некритически влияющих на результат.</p> <p><u>Экзамен:</u> – знание принципов дизайна синтетических биологических систем; – полнота их понимания и изложения; – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала; – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок. При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билета обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p>	<i>Хорошо</i>
<p><u>Решение индивидуальных проектных задач:</u> – решение показывает понимание принципов конструирования синтетических биологических систем, однако не содержит ответа на задачу.</p> <p><u>Экзамен:</u> – неполное знание принципов дизайна синтетических биологических систем; – частичное их понимание и неполное изложение; – самостоятельность и осмысленность в изложении материала при наличии ошибок в логике и аргументации; – наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы.</p>	<i>Удовлетворительно</i>
<p><u>Решение индивидуальных проектных задач:</u> – решение показывает непонимание основных молекулярно-генетических и биохимических процессов.</p> <p><u>Экзамен:</u> – фрагментарное и недостаточное знание принципов дизайна синтетических биологических систем и основных молекулярно-генетических и биохимических процессов; – непонимание причинно-следственных связей; – отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала; – грубые ошибки в применении терминов и понятий, – отсутствие ответов на дополнительные вопросы.</p>	<i>Неудовлетворительно</i>

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примеры индивидуальных проектных задач

Придумать и объяснить схему (конструкцию плазмид, штаммов, клеток), которая позволит реализовать предложенные ниже функции.

1. Клетки человека, которые чувствуют уровень O_2 в окружающей среде и подают флуоресцентный сигнал при снижении его ниже определенного значения.
2. Клетки *E. coli*, прекращающие рост при достижении определенной плотности в культуре.
3. Клетки бактерий, которые растут в лабораторных условиях, но погибают, попав в водопроводную воду.
4. Клетки человека, которые чувствуют температуру окружающей среды и подают флуоресцентный сигнал при нагревании выше определенного уровня.
5. Клетки человека, которые чувствуют температуру окружающей среды и подают флуоресцентный сигнал при охлаждении ниже определенного уровня.
6. Сенсор на основе клеток *E. coli*, который отвечал бы на наличие в окружающей среде H_2O_2 , но не реагировал на облучение ультрафиолетом.
7. Клетки *E. coli*, которые могут служить затравкой для образования кристаллов $CaCO_3$.
8. Вирус иммунодефицита человека, содержащий ненатуральную аминокислоту Nε-(трет-бутилоксикарбонил)-лизин в определенном положении в поверхностном белке.
9. Клетки человека, подающие сигнал при интеграции в их геном вируса иммунодефицита человека.
10. Клетки человека, которые при заражении коронавирусом SARS-CoV-2 (но не другим коронавирусом) начинают вносить мутации в его геном.
11. Сенсор на основе клеток *E. coli*, который можно было бы использовать при биоремедиации загрязненных нефтью водоемов для детекции снижения загрязнения ниже определенного уровня.
12. Репортерная система для клеток человека, которая показывала бы отсутствие транскрипции некоторого целевого гена.
13. Система, которая позволяла бы количественно измерять концентрацию мРНК во время транскрипции/трансляции *in vitro*.
14. Штамм *E. coli*, у которого геном существует не в виде одной кольцевой хромосомы, а в виде одной или нескольких линейных хромосом.
15. Клетки *E. coli*, которые ускоряют созревание при хранении фруктов, собранных незрелыми.

Примеры вопросов на экзамене:

1. Биоортогональность, ее сущность и примеры.
2. CAR-T терапия.
3. Дрожжи *Pichiapastoris* как объект для синтетической биологии.
4. Количественные ПЦР-методы.
5. Контроль экспрессии генов у эукариот.
6. Метод CRISPR/Cas9
7. Механизмы роста и деления мембранных везикул.
8. Минимальный геном и способы оценки его объема.
9. Молекулярные основы доминантно-рецессивных отношений аллелей.
10. Отрицательная обратная связь с задержкой в синтетических биологических системах.
11. Перекодирование бактериальных геномов.
12. Проект «Золотой рис».

13. Применение метода FRET для характеристики белок-белковых взаимодействий.
14. Растения – шасси для синтетической биологии.
15. Референтные бактериальные промоторы и их применение.
16. Сборка генов по Гибсону.
17. Система клонирования GoldenGate.
18. Система регуляции активности генов TetO/TetR.
19. Системы сопряженной транскрипции–трансляции *in vitro*
20. Создание и характеристики синтетических геномов *Mycoplasma*.
21. Способы определения скорости транскрипции гена.
22. Способы увеличения синтеза белка в клетках *E. coli*.
23. Стандарт BioBricks RFC10.
24. Стохастическое распределение молекул в везикулах малого объема.
25. Структура и механизм флуоресценции белка GFP.
26. ТороТА-клонирование.
27. Усовершенствование фотосинтеза методами синтетической биологии.
28. Цифровая ПЦР.
29. Шум в генных сетях.
30. Язык SBML: структура и применение.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации (приложение 2), предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

