

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

«05» октября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

СИНТЕТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

Направление подготовки: 06.06.01 БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Направленность (профиль): Молекулярная биология

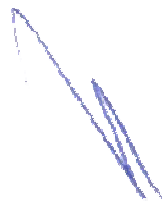
Форма обучения: очная

Разработчики:

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



Ответственный за образовательную программу:
профессор, д.х.н. В.А. Резников



Новосибирск, 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	3
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	3
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий. Программа курса лекций	4
5. Перечень учебной литературы	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	6
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	6
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	7
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине	7
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)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
	знать	уметь	владеть
УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследователь-ских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные преимущества и недостатки реализации этих вариантов		
УК-2 Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки		Анализировать основные методологические проблемы своей профессиональной области в историческом контексте и на современном этапе	
УК-5 Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	Владеть приемами выявления и осознания своих возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования	Выявлять и формулировать проблемы собственного развития, исходя из этапов профессионального роста и тенденций развития области профессиональной деятельности	
ПК-1 Готовность к поиску и разработке новых моделей,		Разрабатывать и совершенствовать современные	

методов исследования и теорий в области молекулярной энзимологии, усовершенствования фундаментальных биологических представлений в сфере изучения комплексов и свойств биополимеров, а также структуры и функции геномов		методы, инструменты и технологии научно-исследовательской и проектной деятельности в области изучения генома, транскриптома, протеома и регуляторного аппарата про- и эукариотической клеток	
ПК-3 Способность выявлять фундаментальные проблемы, ставить задачи и выполнять лабораторные исследования в области генной, белковой и клеточной инженерии, а также биоинформатики			Иметь навыки лабораторного исследования в области генной, белковой и клеточной инженерии, а также с применением современных биоинформатических методов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Синтетическая биология» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 06.06.01 – Биологические науки направленность Молекулярная биология по очной форме обучения на *русском* языке. Дисциплина «Синтетическая биология» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по направленности «Молекулярная биология».

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 5
1	Лекции, ч	13

2	Практические занятия, ч	23
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

5 семестр

Лекции (13 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Вводная часть курса	2
Стандарты синтетической биологии	3
Синтетическая биология на шасси различных организмов	4
Искусственные клетки и генетические коды	2
Общие принципы дизайна синтетических биологических систем	2

Практические занятия (23 ч)

Содержание практического занятия	Объем, час
Семинар по основам биоэтики в применении к синтетической биологии	1
Семинар по методам сборки синтетических биологических конструкций	2
Семинар по стандарту BioBricks	2
Семинар по количественным методам характеристики биологических конструкций	2
Семинар по разбору примеров синтетических биологических конструкций на шасси бактериальных клеток	4
Семинар по разбору примеров синтетических биологических конструкций на шасси клеток дрожжей и человека	4
Семинар по разбору примеров синтетических биологических конструкций на шасси растительных клеток	4
Семинар по основам языка SBOL	2
Семинар по работе в среде j5	2

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 рестриционных 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 Green Monster. Создание комбинаторной сложности при сборке. Стандартизация сборки ДНК. Стандарты BioBrick. Альтернативные стандарты: VglBrick, 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*. Иммуоферментный 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 *Pichia pastoris*. 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 Льюину : [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)

UNIPRO Ugene (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	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
УК-5.1	Владеть приемами выявления и осознания своих возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования	Экзамен
УК-1.2	Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные преимущества и недостатки реализации этих вариантов	Экзамен
ПК-1.3	Разрабатывать и совершенствовать современные методы, инструменты и технологии научно-исследовательской и проектной деятельности в области изучения генома, транскриптома, протеома и регуляторного аппарата про- и эукариотической клеток	Решение индивидуальных проектных задач
УК-5.2	Выявлять и формулировать проблемы собственного развития, исходя из этапов профессионального роста и тенденций развития области профессиональной деятельности	Решение индивидуальных проектных задач
УК-2.3	Анализировать основные методологические проблемы своей профессиональной области в историческом контексте и на современном этапе	Экзамен
ПК-3.3	Иметь навыки лабораторного исследования в области геномной, белковой и клеточной инженерии, а также с применением	Решение индивидуальных проектных задач

	современных биоинформатических методов	
--	--	--

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 *Pichia pastoris* 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 Golden Gate.
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.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины
«Синтетическая биология»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Ученого совета ФЕН	Подпись ответственного

Аннотация
к рабочей программе дисциплины
«Синтетическая биология»
Направление подготовки: **06.06.01 Биологические науки**
Направленность (профиль): **Молекулярная биология**

Дисциплина «Синтетическая биология» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 06.06.01 – Биологические науки направленность Молекулярная биология по очной форме обучения на русском языке. Дисциплина «Синтетическая биология» развивает знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся по результатам общей базовой подготовки в рамках программ бакалавриата и магистратуры, и не требует знаний по другим дисциплинам подготовки для аспирантов. Курс входит в набор вариативных дисциплин, направленных на подготовку к сдаче экзаменов кандидатского минимума и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации), для аспирантов, обучающихся по направленности «Молекулярная биология».

Содержание дисциплины охватывает аспекты молекулярной биологии, биоорганической химии, биохимии, структурной биологии, системной биологии, клеточной биологии, биоэтики и т. п., имеющие отношение к созданию биологических объектов и систем, не имеющих аналогов в природе.

Дисциплина предназначена для развития у аспирантов способности творчески использовать в научной и производственно-технологической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность (профиль) образовательной программы.

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

Знания:

УК-5.1	Владеть приемами выявления и осознания своих возможностей, личностных и профессионально-значимых качеств с целью их совершенствования
УК-1.2	Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные преимущества и недостатки реализации этих вариантов

Умения:

ПК-1.3	Разрабатывать и совершенствовать современные методы, инструменты и технологии научно-исследовательской и проектной деятельности в области изучения генома, транскриптома, протеома и регуляторного аппарата про- и эукариотической клеток
УК-5.2	Выявлять и формулировать проблемы собственного развития, исходя из этапов профессионального роста и тенденций развития области профессиональной деятельности
УК-2.3	Анализировать основные методологические проблемы своей профессиональной области в историческом контексте и на современном этапе

Навыки:

ПК-3.3	Иметь навыки лабораторного исследования в области геномной, белковой и клеточной инженерии, а также с применением современных биоинформатических методов
--------	--

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, домашние задания, индивидуальное и групповое решение проектных задач, консультации, самостоятельная работа аспиранта.

Результатом прохождения дисциплины является итоговая оценка по пятибалльной шкале (экзамен).

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль. Формой текущего контроля при прохождении дисциплины является контроль посещаемости занятий.

Для того чтобы быть допущенным к экзамену, аспирант должен в **период** обучения **пройти** **не менее** **70%** лекционных и практических **занятий**.

Итоговый контроль. Итоговую оценку за семестр в виде любой положительной или неудовлетворительной оценки аспирант может получить

- **в случае** **получения** **оценки** **«удовлетворительно»**;
- **в случае** **получения** **оценки** **«неудовлетворительно»**.

Общая **длительность** **обучения** **аспирантов** **3** **семестра**. **В** **каждом** **семестре** **обучения** **предусмотрены** **108** **часов**. **В** **первом** **семестре** **обучения** **13** **часов** **занятий**, **23** **часа** **практических** **занятий**, **2** **часа** **экзамена**, **2** **часа** **экзамена**, **а** **во** **втором** **семестре** **68** **часов** **практических** **занятий** **и** **экзамена** **в** **третьем** **семестре**.