

«ПРИНЯТО»

На заседании Ученого совета
ФИЦ Биотехнологии РАН
Протокол № 5 от 05.10.2020 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор
ФИЦ Биотехнологии РАН
д.б.н.



А.Н. Федоров

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
БИОТЕХНОЛОГИЯ ДРОЖЖЕЙ И ПРОКАРИОТ**

Направление подготовки: 06.06.01 Биологические науки

Уровень образования: высшее образование - подготовка кадров
высшей квалификации

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-
исследователь.

Москва

2020 г.

1. Цели и задачи изучения дисциплины

1.1. Цели дисциплины

— становление аспиранта как профессионального ученого, формирование профессиональных компетенций, освоение знаний в области основных направлениях использования бактерий и дрожжей в традиционной и современной биотехнологии

1.2. Задачи дисциплины

— ознакомить слушателей с современными методами геномики, генетической инженерии дрожжей и прокариот, метаболической инженерии, синтетической и системной биологии;

— дать представление об их роли как модельных организмов в функциональной геномике, синтетической биологии и хромосомной инженерии;

— сформировать у аспирантов практические навыки использования полученных знаний для решения учебных и исследовательских задач в области биотехнологии дрожжей и прокариот.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Биотехнология дрожжей и прокариот является дисциплиной по выбору вариативной части учебного плана основной образовательной программы.

В рамках данной дисциплины углубляются и развиваются следующие компетенции:

Универсальные компетенции

— Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

— 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 (УК-2);

— Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

— Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);

— Способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);

Общепрофессиональные компетенции

- Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2);

Профессиональные компетенции

- Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) (ПК-1);
- Владение представлениями о системе фундаментальных понятий и методологических аспектов биологии, форм и методов научного познания (ПК-2);
- Способность приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владение ими на уровне, необходимом для решения задач, возникающих при выполнении профессиональных функций (ПК-3);
- Владение методами отбора материала, преподавания и основами управления процессом обучения фундаментальной биологии (ПК-5);

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

31(УК-1)	методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
31(УК-2)	методы научно-исследовательской деятельности
31(УК-3)	особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах
32(УК-4)	стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках
31(УК-5)	содержание процесса целеполагания профессионального и личностного развития, его особенности и способы реализации при решении профессиональных задач, исходя из этапов карьерного роста и требований рынка труда
31(ОПК-1)	основной круг проблем (задач), встречающихся в избранной сфере научной деятельности, и основные способы (методы, алгоритмы) их решения
32(ОПК-1)	основные источники и методы поиска научной информации

31(ОПК-2)	нормативно-правовые документы, регламентирующие организацию и содержание образовательного процесса
31 (ПК-1)	современное состояние науки в области: (молекулярной биологии; биохимии; биотехнологии, микробиологии, биоинформатики)
32(ПК-1)	порядок организации, планирования и проведения научно- исследовательской работы с использованием современных научно- исследовательских, образовательных и информационных технологий
33(ПК-2)	методы поиска необходимой информации
32(ПК-3)	базовые принципы и основные приемы молекулярной биологии; биохимии; биотехнологии, бионанотехнологии, математической биологии, биоинформатики, микробиологии;
31(ПК-5)	современное состояние науки в области биологических наук

уметь:

У1(УК-1)	анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов
У2(УК-1)	при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений
У1(УК-2)	использовать положения и категории философии науки для анализа и оценивания различных фактов и явлений
У1(УК-3)	следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач
У1(УК-4)	следовать основным нормам, принятым в научном общении на государственном и иностранном языках
У1(УК-5)	формулировать цели личностного и профессионального развития и условия их достижения, исходя из тенденций развития области профессиональной деятельности, этапов профессионального роста, индивидуально-личностных особенностей.
У1(ОПК-1)	находить (выбирать) наиболее эффективные (методы) решения основных типов проблем (задач), встречающихся в избранной сфере научной деятельности
У2(ОПК-1)	обобщать и систематизировать передовые достижения научной мысли и основные тенденции хозяйственной практики
У3(ОПК-1)	анализировать, систематизировать и усваивать передовой опыт проведения научных исследований
У4(ОПК-1)	собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа
У2(ОПК-2)	осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания оценивания успеваемости обучающихся в области биологических наук
У1 (ПК-1)	самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований и проводить углубленную их разработку
У-1(ПК-2)	использовать современные методы сбора, анализа и обработки научной информации
У-2(ПК-2)	анализировать и систематизировать полученную информацию
У1(ПК-3)	проводить обработку результатов исследований
У1(ПК-5)	преподавать учебные предметы, курсы, дисциплины
У2(ПК-5)	разрабатывать научно- методическое обеспечение реализации курируемых учебных предметов, курсов, дисциплин

владеть:

V1(УК-1)	навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
V2 (УК-1)	навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
V1(УК-2)	навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих в науке на современном этапе ее развития
V2(УК-2)	технологиями планирования в профессиональной деятельности в сфере научных исследований
V1(УК-3)	навыками анализа основных мировоззренческих методологических проблем, в.т.ч. междисциплинарного характера, возникающих при работе по решению научных и научно-образовательных задач в российских или международных исследовательских коллективах
V4(УК-3)	различными типами коммуникаций при осуществлении работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач
V2(УК-4)	навыками критической оценки эффективности различных методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках
V1(УК-5)	приемами и технологиями целеполагания, реализации целей и оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач
V2(УК- 5)	способами выявления и оценки индивидуально-личностных, профессионально-значимых качеств и путями достижения более высокого уровня их развития.
V1(ОПК-1)	современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в определенных областях биологии
V2(ОПК-2)	методиками и технологиями преподавания и оценивания успеваемости обучающихся (биологические науки)
V2 (ПК-1)	методами и приемами экспериментальных исследований в области (молекулярной биологии; биохимии; биотехнологии, биоинформатике, микробиологии)
V1(ПК-2)	методами работы с основными базами данных биологической информации
V1(ПК-3)	навыками использования биологических Интернет-ресурсов
V1(ПК-5)	умениями разрабатывать научно-методическое обеспечение реализации курируемых учебных предметов, курсов, дисциплин

3. Объем дисциплины и виды учебной работы:

Всего часов	Аудиторные занятия (час):	Самостоятельная работа	Всего зачетных единиц
144	36	108	4

4. Распределение аудиторных часов по темам и видам учебной работы

№ п/п	Наименование тем и разделов (с развернутым содержанием курса по каждой теме и разделу)	Аудиторные занятия (час), в
-------	--	-----------------------------

		том числе:
1	ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МИКРОБИОЛОГИИ, БИОХИМИИ, ГЕНЕТИКЕ ДРОЖЖЕЙ Введение. Общая характеристика дрожжей-сахаромицетов. История изучения дрожжей. Преимущества дрожжей как объектов традиционной, постгеномной и системной биологии. Метаболизм дрожжей. Реакция спиртового брожения. Генетика дрожжей и инструменты генетической инженерии.	12
2	ГЕНОМИКА ДРОЖЖЕЙ. Геном дрожжей – структура и эволюция. Функциональная геномика дрожжей. Репликация и сегрегация хромосом у дрожжей. Регуляция генной экспрессии у дрожжей.	12
3	ДРОЖЖИ КАК БИОФАБРИКИ. Транспорт и секреция белков у дрожжей. Получение вторичных метаболитов в дрожжах. Дрожжи как продуценты биотоплив. Получение целевых белков в дрожжах. Дрожжи как инструмент для поиска новых лекарств.	12

5. Содержание курса

Тема 1

ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МИКРОБИОЛОГИИ, БИОХИМИИ, ГЕНЕТИКЕ ДРОЖЖЕЙ. Введение. Общая характеристика дрожжей-сахаромицетов. *Saccharomyces cerevisiae* как объект традиционной и современной биотехнологии. Таксономия дрожжей. Положение дрожжей на филогенетическом дереве аскомицетов и других грибов. Особенности роста и размножения дрожжей. Жизненный цикл сахаромицетов. Размеры и состав дрожжевой клетки, морфология вегетативных и половых клеток. Органеллы и компартменты, методы микроскопического исследования клеток дрожжей. Клеточная стенка дрожжей – состав, структура, функции. Основные биохимические, физиологические и генетические характеристики сахаромицетов, определяющие их преимущества как объектов традиционной и современной биотехнологии, постгеномной и системной биологии.

История использования дрожжей в традиционной биотехнологии. Работы Либиха, Пастера, Кюне, Хансена, Бюхнера и других ученых по биохимии и микробиологии дрожжей. Экономика виноделия, пивоварения, хлебопечения – рынки и тенденции их развития. Технологии пивоварения –

сырье, основные виды пивоваренных дрожжей, стадии, аппаратура. Технологии виноделия и хлебопечения, специализированные расы дрожжей. Роль дрожжей в современной биотехнологии. Основные этапы развития дрожжевой биотехнологии в 20 веке.

Метаболизм дрожжей. Цели и задачи изучения метаболизма сахаромицетов. Химический состав клетки дрожжей. Углеводный обмен – субстраты и продукты. Пути утилизации глюкозы. Реакции гликолиза, основные стадии, механизмы регуляции, энергетика. Аэробные и анаэробные пути превращения пирувата. Реакции спиртового брожения и другие пути анаэробного метаболизма пирувата. Катаболитная репрессия. Эффекты Пастера и Крабтри. Разнообразие путей утилизации сахаров у различных видов дрожжей. Глюконеогенез. Основные стадии азотного метаболизма у дрожжей, этапы синтеза и катаболизма аминокислот. Путь Эрлиха деградации аминокислот как причина образования сивушных спиртов.

Липидный состав дрожжевой клетки. Пути биосинтеза жирных кислот, три- и фосфоглицеридов, стероидов – стадии, ферменты, компартменты.

Биосинтез оснований, нуклеотидов. Метаболизм неорганических соединений – системы транспорта ионов металлов, фосфора. Полифосфаты – биологическая роль, механизмы синтеза. Методы и инструменты генетики и генетической инженерии дрожжей

Генетический материал дрожжевой клетки. Гомоталличные и гетероталличные дрожжи. Локус типа спаривания. Классическая генетика дрожжей - методы получения и анализа мутантов. Группы комплементации, супрессорный и эпистатический анализ, тетрадный анализ, генетическое картирование.

Митохондриальная генетика дрожжей, работы П.П. Слонимского и Б. Эфрусси по селекции и характеристики петит-мутантов.

«Неменделевские» генетические элементы у дрожжей. РНК-киллерные системы, эндогенная 2 мкм плазида, линейные плазмиды клюйверомицетов. Особенности генетической трансформации у дрожжей, интегративные и репликативные вектора, способы введения чужеродной ДНК в клетки сахаромицетов, ауксотрофные и доминантные селективные маркеры.

Принципы селекции хромосомных цис-элементов репликации и сегрегации для создания челночных векторов дрожжей. Основные типы челночных векторов дрожжей, стабильность и копияность.

Стратегии генетических манипуляций и геномного анализа с использованием дрожжевых векторов. Интеграция плазмид в геном дрожжей, получение генных нокауты, одностадийная и двустадийная инактивация генов у дрожжей.

Тема 2

Геномика дрожжей. Характеристика ядерного генома сахаромицетов, методы физического разделения хромосом, группы сцепления и генетические карты. Проект генома дрожжей – цели и задачи, участники, технологические подходы. Характерные черты генома сахаромицетов – размер, ГЦ-состав, организация и число белок-и РНК-кодирующих генов, гены рРНК, тРНК. Особенности структуры центромерных и теломерных последовательностей дрожжей. Повторяющиеся элементы дрожжевого генома – строение и классификация.

Современный статус расшифровки и аннотации генома дрожжей. Информационные ресурсы по геномике дрожжей – базы данных NCBI, EMBL-EBI. Основные направления сравнительной и эволюционной геномики дрожжей. Биоразнообразие дрожжей. Уникальность дрожжей как объекта эволюционной и популяционной геномики. Геномика «нетрадиционных» дрожжей – основные таксономические группы, систематические признаки, общие и специфические черты геномной организации.

Функциональная геномика дрожжей - цели и задачи функциональной геномики, уникальные возможности дрожжей как объекта «постгеномной биологии». Полногеномные подходы к анализу функций генов у дрожжей – систематические делеции, эффекты сверхэкспрессии белков, микрочипы, репортерные гены, анализ субклеточной локализации и т.д.

Методы анализа генетических взаимодействий, принципы построения карт генных взаимодействий.

Транскриптомика дрожжей, протеомика дрожжей. Белок-белковые взаимодействия – белковые чипы, дрожжевая двугибридная система, выделение и анализ белковых комплексов.

Транскрипционный код генома дрожжей, архитектура дрожжевых промоторов.

Глобальный анализ субклеточной локализации белков у дрожжей с помощью флуоресцентных белков.

Карта межхромосомных взаимодействий и трехмерная модель генома дрожжей. Рост и размножение у дрожжей. Особенности вегетативного и полового размножения у дрожжей, значение изучения митоза и цитокинеза для оптимизации процессов культивирования дрожжевых штаммов, понимания причин патогенности дрожжей и грибов, поиска мишеней фунгицидов и разработки новых лекарственных препаратов.

Почкование как форма деления вегетативных клеток дрожжей. Материнские и дочерние клетки, регуляция и генетический контроль почкования, механизмы почкования.

Роль почкования в морфогенезе клеток дрожжей и грибов. Септины дрожжей как элементы цитоскелета, их гомологи у высших эукариот. Микрофиламенты и микротрубочки как элементы цитоскелета – общее представление.

Клеточный цикл дрожжей, работы П.Нерса и Л.Хартвела по выделению и характеристике *cdc* мутантов. Циклин-зависимые киназы, циклины. Генетический и биохимический контроль прогрессии клеточного цикла, контрольные точки.

Репликация и сегрегация хромосом у дрожжей. Строение репликаторных, центромерных и теломерных последовательностей у дрожжей. Когезины как белки сцепления сестринских хроматид. Организация кинетохора дрожжей, механизмы разделения хромосом.

Регуляция генной экспрессии у дрожжей. Уровни хромосомной организации, хроматин дрожжевой клетки. Гистоны дрожжей, варианты ковалентной модификации, гипотеза гистонового кода. Ферменты модификации гистонов, роль в поддержании структуры эу- и гетерохроматина. Комплексы ремоделирования хроматина у дрожжей - структура, функциональная роль, механизмы ремоделирования. Взаимосвязь структуры хроматина с процессами репликации и репарации ДНК, транскрипции.

РНК-полимеразы дрожжей. Структура промоторов дрожжей. Примеры регулируемых промоторов дрожжей, их преимущества для экспрессии чужеродных белков. Основные этапы сплайсинга мРНК у дрожжей. Сплайсосома дрожжей.

Тема 3

ДРОЖЖИ КАК БИОФАБРИКИ. Транспорт и секреция белков у дрожжей. Биологическая роль секреции. Строение и роль транспортных везикул. Секреторные пути дрожжевой клетки. Работы Р.Шекмана по получению и характеристике *sec*-мутантов дрожжей. Биотехнологические преимущества секреции для получения целевых белков. Варианты лидерных последовательностей для секреции и экспорта белков. Ранние этапы секреции белков – ко- и посттрансляционный транспорт через мембрану эндоплазматического ретикулума. Модель транслокации мембранных белков. Структура Аппарата Гольджи, транспорт между его компартментами, роль малых ГТФ-аз в формировании транспортных везикул. Механизмы везикулярного транспорта и адресации везикул. Гипотеза

SNARE, работы Ротмана по поиску и характеристике дрожжевых snare-пинов, их гомологов у других эукариот. Эндоцитоз как процесс интернализации белков и компонентов мембран. Клатрин-покрытые везикулы, роль в рецептор-опосредованном эндоцитозе. Импорт белков в митохондрии и вакуоли - общее представление, механизмы. Импорт и экспорт белков из ядра в дрожжах.

Дрожжи как биофабрики для получения целевых низкомолекулярных соединений. Преимущества дрожжей как объектов метаболической инженерии. Постгеномные подходы для оптимизации методов создания дрожжевых штаммов-продуцентов. Направления создания рекомбинантных штаммов дрожжей для использования в традиционной биотехнологии – пивоварении, виноделии, хлебопечении. Амилолитические, целлюлозолитические и этанол-резистентные ГМ- дрожжи для получения биоэтанола. ГМ-дрожжи способные к утилизации пентоз.

Дрожжи как продуценты вторичных метаболитов. Инженерия дрожжей для биосинтеза противоопухолевых антибиотиков и противомаларийных препаратов. Общая характеристика цитохром-Р450 зависимых ферментных систем, роль цитохромов Р450 в биосинтезе стероидных гормонов.

Дрожжи как система экспрессии эукариотических Р450 и их белковых партнеров.

Создание штаммов дрожжей способных к биосинтезу кортизола. Гетерологичная экспрессия стероидогенных Р450 как способ создание штаммов для получения 11-бета производных стероидов и препаратов на их основе. Подходы к инженерии путей биосинтеза антибиотиков и статинов в дрожжах.

Дрожжи как биофабрики для получения практически-важных белков. Биофармацевтики – общая характеристика, мировой рынок, препараты-блокбастеры. Преимущества и недостатки дрожжей как продуцентов целевых белков. Подходы к оптимизации экспрессии целевых генов в дрожжах. Проблемы выбора промотора, структуры кодирующей последовательности и т.д. Проблемы стабильности белков в дрожжах, дегроны и N-концевое правило. Убиквитин-протеасомная система дрожжей.

Системы гетерологичной экспрессии на основе метилотрофных дрожжей – вектора, штаммы, принципы селекции продуцентов. Особенности пост-трансляционной модификации белков у дрожжей. Проблемы процессинга секретлируемых белков у дрожжей. «Гуманизированные» дрожжи для получения правильно модифицированных терапевтических белков.

Стратегии создания эффективных дрожжевых штаммов-продуцентов биофармацевтиков. Возможности дрожжей для получения сложных

эукариотических белков - рекомбинантных антител и их фрагментов, гемопоэтических факторов и т.д. Дрожжи как инструмент для поиска новых лекарств. Стратегии современного дизайна, поиска и разработки новых лекарств на основе «малых молекул» и комбинаторных химических библиотек. Преимущества разработки «живых биосенсоров» на основе клеток дрожжей для создания систем высокопроизводительного скрининга лекарственных кандидатов. Системы токсикологического скрининга соединений методом гаплонедостаточности. Рецепторы, сопряженные с G-белками – общая характеристика, роль в путях сигнализации феромонов дрожжей. Создание систем для поиска лигандов к GPCR с помощью дрожжевых штаммов.

Нейрофармакология дрожжей – разработка на основе дрожжей модельных систем имитирующих внутриклеточные механизмы патогенеза нейродегенеративных заболеваний – болезней Альцгеймера, Паркинсона, Крейцфельда-Якоба, поиска лигандов к белкам-мишеням, определяющих патогенез этих заболеваний .

Биосенсоры для детекции загрязнителей и генотоксических агентов на основе клеток дрожжей. Геронтология дрожжей – поиск препаратов против старения с помощью дрожжей.

Дрожжи как объект и инструмент хромосомной инженерии и синтетической биологии. Особенности процессов рекомбинации ДНК в клетке сахаромицетов. Приемы направленного изменения генома дрожжей и клонированных в дрожжах геномов других организмов с помощью гомологичной рекомбинации.

Тест-системы для идентификации генов, контролирующей стабильность хромосом у дрожжей. Роль человеческих ортологов CIN генов дрожжей (chromosome instability) в развитии онкозаболеваний.

Мегануклеазы генома дрожжей как инструменты сайт-направленной рекомбинации. Рекомбинация-ассоциированная с трансформацией – использование для селективного выделения протяженных хромосомных фрагментов, физического картирования хромосом, сборки искусственных геномов. Использование дрожжей для конструирования искусственных хромосом растений и животных.

Концепция минимальной клетки, эксперименты К.Вентера, создание искусственного генома микоплазмы с помощью рекомбинации в дрожжах.

6. Самостоятельная работа

В процессе освоения дисциплины предусмотрено самостоятельное изучение отдельных вопросов лекционного курса с целью подготовки к устному

опросу по теме.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Шмид Р. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия; пер. с нем. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. — 325 с.: ил.
2. Кузнецов А.Е. [и др.]. Прикладная экобиотехнология : учебное пособие: в 2 т. Т. 1 — 2-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. — 629 с. : ил., [4] с. цв.вкл. — (Учебник для высшей школы).
3. Кузнецов А.Е. [и др.]. Прикладная экобиотехнология : учебное пособие: в 2 т. Т. 2 — 2-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. — 485 с. : ил., [4] с. цв.вкл. — (Учебник для высшей школы).
4. Ребриков Д.В. [и др.] ПЦР в реальном времени; под ред. д. б. н. Д. В. Ребрикова. — 7-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. — 232 с.: ил.
5. Ребриков Д.В. [и др.] NGS: высокопроизводительное секвенирование; под общей редакцией Д. В. Ребрикова. — 2-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 232 с.: ил.
6. Скрыбин К.Г., Михайлова С.Н., Варламов В.П. (ред.) Хитозан / Рос. акад. наук, Центр «Биоинженерия» РАН — М., 2013. — 591 с. : ил., портр., табл. — Библиогр. в конце ст. Рез. рус., англ. [Изд. при поддержке РФФИ].

7.2. Дополнительная литература

1. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. / Биология: в 3-х томах (комплект) Т. 1; под ред. Р. Сопера ; пер. 3-го англ. изд. — 9-е изд. — М. : Лаборатория знаний, 2018. — 454 с. : ил.
2. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. / Биология: в 3-х томах (комплект) Т. 2; под ред. Р. Сопера ; пер. 3-го англ. изд. — 9-е изд. — М. : Лаборатория знаний, 2018. — 454 с. : ил.
3. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. / Биология: в 3-х томах (комплект) Т. 3; под ред. Р. Сопера ; пер. 3-го англ. изд. — 9-е изд. — М. : Лаборатория знаний, 2018. — 454 с. : ил.
4. Джералд М. Великая биология. От происхождения жизни до эпигенетики. 250 основных вех в истории биологии; пер. с англ. А. А. Синюшина.—М. : Лаборатория знаний, 2018.—540 с. : ил.
5. Биссвангер Х. Практическая энзимология; пер. с англ. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. —328 с.: ил.
6. Штильман М.И. [и др.] Технология полимеров медико-биологического назначения. Полимеры природного происхождения : учебное пособие; под

ред. М. И. Штильмана. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 328 с. : ил. — (Учебник для высшей школы).

7.3. Электронные ресурсы

1. <http://www.benran.ru/> - Библиотека по естественным наукам Российской академии наук
2. <https://apps.webofknowledge.com/> - Научно-библиографическая база данных Web of Science.
3. <http://www.scopus.com/> - Научно-библиографическая база данных Scopus.
4. <http://elibrary.ru/> - Научная электронная библиотека ИЭБ.
5. <http://www.rsl.ru/> - Электронная библиотека РГБ.
6. <http://www.diss.rsl.ru/> - Электронная библиотека диссертаций РГБ.
7. <http://www.sciencedirect.com/> - Журналы издательства Elsevier.
8. <http://link.springer.com/> - Журналы издательства Springer.
 - a) <http://www.springerprotocols.com> - SpringerProtocols
 - b) <http://www.springermaterials.com> - SpringerMaterials
 - c) <http://www.springerimages.com> - SpringerImages
 - d) <http://www.zentralblatt-math.org/zbmath/en> - Zentralblatt MATH
9. <http://link.springer.com/> - Архивные материалы на платформе Springer.
 - a) Журналы (Journals) 1832-1996 и 2002-2011 гг.
 - b) Журналы (Journals) 1997-2001 гг.
 - c) Книги (Books) 2005-2010 гг., включая книжные серии и справочники.
 - d) Книжные серии (Book Series) 1902-1996 гг.
 - e) Книжные серии (Book Series) 2005-2010 гг.
 - f) Электронные справочники (E-References) 2005-2010 гг.
10. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=1364-548X&date=1996> - Chemical Communications (Cambridge)
11. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=1460-4744&date=1972> - Chemical Society Reviews
12. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=1477-9234&date=2003> - Dalton Transactions
13. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=1364-5501&date=1991> - Journal of Materials Chemistry
14. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=2050-7496&date=2012> - Journal of Materials Chemistry A
15. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=2050-7518&date=2013> - Journal of Materials Chemistry B
16. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=2050-7534&date=2013> - Journal

of Materials Chemistry C

17. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=1463-9084&date=1999> - Physical Chemistry Chemical Physics

18. <http://pubs.rsc.org/en/journals/journalissues/ob#!recentarticles&all> - Organic & Biomolecular Chemistry

19. <http://journals.cambridge.org/> - Журналы издательства Cambridge University Press.

20. <http://www.oxfordjournals.org/en/> - Журналы издательства Oxford University Press.

21. <http://onlinelibrary.wiley.com/> - Журналы издательства Wiley.

22. <http://pubs.acs.org/> - American Chemical Society.

23. <http://www.nature.com/> - Журнал «Nature» (и другие журналы группы Nature).

24. www.sciencemag.org - Журнал «Science».

25. <http://wwwl.fips.ru/> — Патентная база данных РФ (РОСПАТЕНТ).

26. <http://www.uspto.gov/> - Патентная база данных США (USPATFULL).

27. <http://arxiv.org> - arXiv.org/ - международный архив электронных научных статей.

28. <http://www.ccdc.cam.ac.uk/> - Кэмбриджская база структурных данных органических и металлоорганических соединений

7.4. Лицензионное программное обеспечение

1. Office Professional
2. Project Professional
3. Visio Professional
4. Windows
5. Exchange Server Standard CAL - Device CAL

8. Составители программы:

д.б.н. Н.В. Равин, к.б.н. М.А. Эльдаров