

«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  
СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ  
БИОТЕХНОЛОГИИ**

**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 микроорганизмов в промышленности и энергетике, показать роль микробов в традиционной и современной биотехнологии.

### **1.2. Задачи дисциплины**

— ознакомить слушателей с современными методами метаболической инженерии, синтетической и системной биологии;

— дать представление о стратегиях создания нового поколения микроорганизмов-продуцентов первичных и вторичных метаболитов, полисахаридов, ферментов, разработке технологий получения биотоплив, биodeградируемых пластиков, тонких химических соединений и т.д. ;

— сформировать у аспирантов навыки для генетических манипуляций с прокариотами с помощью новейших молекулярно-биологических методов .

— ознакомить с методиками культивирования прокариот и грибов, особенностями генетических манипуляций с ними, выделения и анализа целевых белков и метаболитов.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Современные аспекты промышленной биотехнологии 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 личного 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:**

В1(УК-1)	навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
В2 (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
В1(УК-2)	навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в т.ч. междисциплинарного характера, возникающих в науке на современном этапе ее развития
В2(УК-2)	технологиями планирования в профессиональной деятельности в сфере научных исследований
В1(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
В4(УК-3)	различными типами коммуникаций при осуществлении работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач
В2(УК-4)	навыками критической оценки эффективности различных методов и технологий научной коммуникации на государственном и иностранном языках
В1(УК-5)	приемами и технологиями целеполагания, реализации целей и оценки результатов деятельности по решению профессиональных задач
В2(УК- 5)	способами выявления и оценки индивидуально-личностных, профессионально-значимых качеств и путями достижения более высокого уровня их развития.
В1(ОПК-1)	современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в определенных областях биологии
В2(ОПК-2)	методиками и технологиями преподавания и оценивания успеваемости обучающихся (биологические науки)
В2 (ПК-1)	методами и приемами экспериментальных исследований в области (молекулярной биологии; биохимии; биотехнологии, биоинформатике, микробиологии)
В1(ПК-2)	методами работы с основными базами данных биологической информации
В1(ПК-3)	навыками использования биологических Интернет-ресурсов
В1(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 роли микроорганизмов в промышленности, этапах и перспективах развития промышленной биотехнологии и микробиологии. Введение. Место и роль биотехнологии в современной экономике. Продукция микробиологической промышленности. Организация биотехнологического производства. Экологическая биотехнология. Роль микробиологии и биотехнологии в утилизации промышленных отходов, водоочистке.	10
2	Первичные метаболиты. Биотоплива. Биотехнология производства аминокислот и органических кислот. Биотехнологическое производство витаминов. Стероиды.	10
3	Биопластики и ферменты. Значение полимеров в современной экономике и промышленности. Требования к биоразлагаемым полимерам. Типы биополимеров. Типы гидролаз и их биологические источники. Рынок промышленных ферментов. Направления использования ферментов в промышленности, Стратегии создания эффективных штаммов-продуцентов ферментов.	8
4	Вторичные метаболиты. Антибиотики – общая характеристика, механизмы действия. Пути биосинтеза антибиотиков и методы промышленной селекции продуцентов. Стадины.	8
	Всего	36

#### 5. Содержание курса

##### Тема 1

Основные направления биотехнологии. Роль биотехнологии в решении глобальных проблем человечества. Движущие силы биоэкономики, основанной на знаниях. Этапы внедрения современной биотехнологии и «зеленой химии» в экономику. Характеристики микроорганизмов, определяющие возможности их промышленного использования. Основные виды микробиологической продукции – объемы, рынки, перспективы.

Концепция биоперерабатывающего завода замкнутого цикла. «Белая» биотехнология – сырье, процессы и продукты. Государственная политика и межгосударственные отношения в области биотехнологии. Тенденции развития «белой» биотехнологии в области энергетики, сырья для производства полимеров и продукции тонкого органического синтеза. Состояние промышленной биотехнологии в России. Государственные программы поддержки биотехнологии в РФ. Основные представления о процессах культивирования микроорганизмов. Требования асептической

работы, микробиологическое контроля, требования к сырью, оборудованию, технике безопасности. Аппаратура для культивирования микроорганизмов в лабораторных и промышленных условиях. Устройство ферментеров. Методы контроля параметров культивирования микроорганизмов. Математическое моделирование в оптимизации процессов культивирования. Методы выделения целевых продуктов – мембранная фильтрация, хроматография, и т. д. Методы хранения и паспортизации штаммов, микробиологические коллекции. Характеристика бытовых и промышленных отходов. Проблемы утилизации. Организация очистных станций. Системы физической, химической и биологической очистки. Мембранная фильтрация как метод выбора для очистки сточных вод. Типы биореакторов. Микроорганизмы-деструкторы. Пути микробиологической денитрификации. Микробная биodeградация токсичных отходов. Классификация токсичных отходов. Абиотическая очистка. Биотическая очистка. Активный ил. Микробная деградация полихлорированных бифенолов. Деградация полициклических углеводородов. Плазмиды биodeградации псевдомонад. Генно-инженерные подходы к созданию штаммов-деструкторов. Микробная детоксификация отравляющих веществ, тяжелых металлов.

## Тема 2

Первичные метаболиты. Значение биотоплив для современной энергетики. Государственные программы по разработке биотоплив. Виды биотоплив. Сырье для получения биотоплив. Биоэтанол. Общая характеристика, Преимущества и недостатки по сравнению с другими типами биотоплив. Схема получения этанола, спиртовое брожение. Микроорганизмы-этанологены, стратегии создания более эффективных штаммов продуцентов. Схемы получения биоэтанола из растительного сырья и из отходов деревоперерабатывающей промышленности. Подходы к созданию ГМ-энергетических растений нового поколения. Биобутанол как биотопливо. Ацетон-бутанол-этанольное брожение – история открытия, роль в развитии биотехнологии. Альтернативные методы биотехнологического получения бутанола с помощью ГМ-штаммов *E.coli* и дрожжей. Стратегии биотехнологического получения высокомолекулярных спиртов. Биодизель, общая характеристика, источники получения, преимущества и недостатки. Биогаз, биогазовые установки, интеграция производства энергии с переработкой отходов. Значение аминокислот и их применение в пищевой и химической промышленности, производстве кормов, медицине. Пути биосинтеза аминокислот. Важнейшие аминокислоты, объемы производства, микроорганизмы-продуценты. Стратегии создания штаммов-

микроорганизмов-продуцентов аминокислот. Микробиологическое производство глутаминовой кислоты. Штаммы, технологии, пути оптимизации. Микробиологическое производство лизина. Получение треонина. Путь биосинтеза, методы селекции, стратегии отбора более эффективных штаммов. Работы ГосНИИ Генетика по получению штаммов E.coli-супепродуцентов треонина. Основные стратегии использования методов белковой инженерии, энзимологии, геномики, транскриптомики и протеомики для создания штаммов-суперпродуцентов аминокислот. Значение органических кислот и их использование современной промышленности. Пути биосинтеза органических кислот. Организмы-продуценты, стратегии создания более совершенных штаммов. Органические кислоты как основа для полимерной химии. Биотехнологическое производство витаминов. Общая характеристика витаминов как микронутриентов, необходимых для гетеротрофного питания. История открытия витаминов, классификация витаминов. Заболевания, связанные с недостатком витаминов. Путь биосинтеза витамина А. Штаммы-продуценты каротиноидов. Витамины группы В. Путь биосинтеза рибофлавина у бацилл. Организация рибофлавинового оперона бацилл. Методы селекции продуцентов рибофлавина и других витаминов. Механизмы регуляции биосинтеза рибофлавина, тиамина, других метаболитов по принципу «рибопереключателя». Штаммы-суперпродуценты витаминов В12, кобаламина и т.д. Аскорбиновая кислота, путь биосинтеза, штаммы-продуценты витамина С. Витамины группы Д, пути биотехнологического получения. Стероиды. Строение стероидов, структурная и сигнальная роль производных стероидов в клетке и организме животных. Путь биосинтеза стероидов. Цитохромы P450 как ферменты биосинтеза стероидных гормонов. Механизмы действия стероидов – ядерные рецепторы, гены мишени. Биологические эффекты стероидов, характеристика андрогенов и эстрогенов, глюко-и минералокортикоидов, их использование в качестве лекарственных препаратов. Пути биотехнологического получения стероидных препаратов – штаммы, методы селекции, варианты модификаций стероидного кольца и боковых групп, сочетание химических и биотехнологических подходов. Стероидгидроксилирующие ферменты микроорганизмов – классификация, специфичность, использование для оптимизации технологий биотрансформации.

### Тема 3

Биопластики и ферменты. Значение полимеров в современной экономике и промышленности. Типы синтетических полимеров. Проблемы утилизации



бытовых и других отходов. Требования к биоразлагаемым полимерам. Типы биополимеров используемых для производства биопластиков. Динамика и структура рынка биопластиков. Природные полисахариды – общая характеристика, конформации мономеров, типы связей в полисахаридах, первичная, вторичная, третичная, четвертичная структура. Примеры наиболее распространенных полисахаридов, применение в пищевой промышленности, медицине, для получения пластиков. Полимеры молочной кислоты – сырье, технологии, свойства, производители. Полигидроксиалканоаты – химическая структура, природные источники, микроорганизмы-продуценты, свойства пластиков на основе полигидроксибутиратов и других PHA-пластиков. Использование PHA-частиц в нанобиотехнологии. Другие типы бактериальных полимеров – особенности биосинтеза, перспективы промышленного использования. Промышленные ферменты. Общая характеристика ферментов как биологических катализаторов. Основные вехи открытия и изучения ферментов. Функции ферментов, классификация ферментов, представление о механизмах действия ферментов. Преимущества использования ферментативного катализа перед химическими реакциями для получения практически-важных веществ и продуктов. Типы гидролаз и их биологические источники. Рынок промышленных ферментов. Направления использования ферментов в пищевой, текстильной, целлюлозобумажной промышленности, производстве комбикормов, в составе синтетических моющих средств. Протеазы – общая характеристика, классификация по типам и механизмам реакций. Биоразнообразие протеаз, требования к параметрам ферментов, оптимальных для практического использования. Стратегии создания эффективных штаммов-продуцентов протеаз, белковой инженерии для получения аналогов с улучшенными физико-химическими и энзиматическими свойствами.

#### Тема 4

Вторичные метаболиты. Антибиотики – общая характеристика, механизмы действия. Определение антибиотиков. История открытия антибиотиков – работы Пастера, Домагга, Эрлиха, Коха, Флеминга, Ваксмана, Флори, Чейна в области медицинской микробиологии, иммунологии, открытия и создания природных и искусственных антибиотиков. Общая характеристика антибиотиков, классификация по химической структуре и механизмам действия. Антибиотики – ингибиторы репликации ДНК, структура, свойства, механизм действия. Рифампины как антибиотики-ингибиторы транскрипции. Рибосома прокариот как мишень для действия антибиотиков.

Основные типы антибиотиков – ингибиторов трансляции. Антибиотики – ингибиторы биосинтеза клеточной стенки и структуры клеточной мембраны. Проблема антибиотико-резистентности и пути ее преодоления. Механизмы цитотоксичности антибиотиков, роль оксидативного стресса как медиатора опосредованной антибиотиками клеточной гибели. Пути биосинтеза антибиотиков и методы промышленной селекции продуцентов. Антибиотики как вторичные метаболиты. Генетика продуцентов антибиотиков. Ферментные системы биосинтеза антибиотиков у актиномицетов. Нерибосомные пептидсинтазы и полипептидсинтазы – общая характеристика. Пути биосинтеза природных аминогликозидов, тетрациклинов, макролидов, гликопептидов. Методы генетической инженерии актиномицетов для создания более эффективных штаммов-продуцентов. Бета-лактамы антибиотики, общая характеристика. Механизмы действия бета-лактамов антибиотиков. Регуляция транскрипции ранних и поздних генов биосинтеза пенициллинов и цефалоспоринов. Компарментализация биосинтеза бета-лактамов. Внутриклеточный транспорт и экспорт бета-лактамов и других вторичных метаболитов. Эпигенетический контроль биосинтеза вторичных метаболитов. Организмы-продуценты бета-лактамов, стратегии селекции эффективных штаммов-продуцентов. Методы генетической инженерии грибов, направления получения рекомбинантных штаммов-продуцентов с улучшенными производственными характеристиками. Современное состояние индустрии антибиотиков, основные компании –производители, тенденции развития антибиотической промышленности. Статины. Общая характеристика терпеноидов как класса вторичных метаболитов. Разнообразие терпеноидов, биологические активности терпеноидов. Статины как ингибиторы биосинтеза холестерина. Значение гиполипидемических препаратов в современной терапии сердечно-сосудистых заболеваний. Экономика статинов, препараты нового поколения, проблемы безопасности. Штаммы-продуценты статинов – методы селекции и культивирования. Геномные и постгеномные исследования продуцентов статинов. Организация генов биосинтеза статинов и их регуляция у *Aspergillus terreus* и *Penicillium citrinum*. Пути создания рекомбинантных штаммов *A.terreus*, *P.citrinum* с повышенным уровнем продукции статинов. Методы биотрансформации статинов – штаммы, ферменты, гены, продуценты.

## 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. Скрыбин К.Г., Михайлова С.Н., Варламова 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].
5. 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.
6. 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.

### **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. Фрешни Р.Я. Культура животных клеток : практическое руководство; пер. 5-го англ. изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. — 691 с. : ил., [24] с. цв. вкл.

8. Ножевникова А.Н., Каллистова А.Ю., Литти Ю.В., Кевбрина М.В. Биотехнология и микробиология анаэробной переработки органических отходов: коллективная монография. - М.: Университетская книга, 2016. - 320 с.

### 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 НЭБ.

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](http://www.sciencemag.org) - Журнал «Science».
25. <http://www.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., профессор Н.В. Равин, к.б.н. М.А. Эльдаров