

«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  
ЭКОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ  
МИКРООРГАНИЗМОВ. ОСНОВЫ МИКРОБНОЙ  
БИОГЕОТЕХНОЛОГИИ**

**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**

– на основе полученных знаний о геохимической деятельности микроорганизмов (микробной биогеохимии) овладеть информацией о технологическом использовании геохимической активности микроорганизмов для добычи и переработки полезных ископаемых, очистке сточных вод и защиты окружающей среды от отходов горнодобывающей и нефтедобывающей

### **1.2. Задачи дисциплины**

— сформировать у аспирантов представления о закономерностях формирования микробных сообществ и бактериальных матов;  
— сформировать представления о принципах распространения микроорганизмов в разнообразных по физико-химическим параметрам средах (местообитаниях);  
ознакомить слушателей с методами количественной оценки геохимической активности различных физиологических групп микроорганизмов для выявления их роли в процессах круговорота элементов как на уровне отдельных экосистем, так и в масштабе всей биосферы Земли;

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

Экология и геохимическая деятельность микроорганизмов. Основы микробной биогеотехнологии 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:**

|           |  |
|-----------|--|
| 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     | Введение в экологию микроорганизмов.<br>Основные типы экосистем и их классификация.   | 2                                      |
| 2     | Умеренные и экстремальные экосистемы.<br>Умеренные экосистемы.<br>Экстремальные экосистемы  | 2                                      |
| 3     | Структура, функция микробных сообществ.<br>Основные группы микроорганизмов, составляющие сбалансированную экосистему<br>Продуценты - хемолитотрофные и фототрофные микроорганизмы   | 8                                      |
| 4     | Методология изучения геохимической деятельности микроорганизмов.<br>Элективные питательные среды для учета численности и выделения микроорганизмов.<br>Флуоресцентная микроскопия для определения численности микроорганизмов.<br>Радиоизотопные, газово-хроматографические и изотопно-геохимические методы оценки активности микроорганизмов.<br>Молекулярно-биологические методы для детекции таксономического разнообразия микроорганизмов и их функциональной активности. | 8                                      |
| 5     | Роль микроорганизмов в круговороте основных биогенных элементов.<br>Участие микроорганизмов в круговороте углерода.<br>Аэробные и анаэробные процессы цикла метана<br>Микробная биогеохимия круговорота серы.   | 8                                      |
| 6     | Основы микробной биотехнологии.<br>Микробное окисление сульфидных руд, бактериально-химическое выщелачивание цветных и благородных металлов.<br>Микробиологические методы повышения нефтеотдачи пластов.<br>Микробиологические методы очистки от нефтяных загрязнений и отходов горнодобывающей промышленности.<br>Очистка бытовых и промышленных сточных вод.  | 8                                      |
|       | Всего   | 36                                     |

#### 5. Содержание курса

##### Тема 1

Введение в экологию микроорганизмов. Основные типы экосистем и их классификация. Принципы устойчивости экосистемы. Роль микроорганизмов



в стабилизации экосистем. Симбиоз, синтрофизм, паразитизм, хищничество.

## Тема 2

Умеренные и экстремальные экосистемы. Умеренные экосистемы. Основные типы и их особенности: морские экосистемы, пресноводные, стратифицированные водоемы, терригенные экосистемы (почвы, скалы, пустыни). Экстремальные экосистемы: щелочные и кислые; высокотемпературные (населенные термофилами) и низкотемпературные (населенные психрофилами и психротолерантами); гиперсоленые нейтрофильные (населенные галофилами), и алкалофильные (населенные галоалкалофилами).

## Тема 3

Структура, функция микробных сообществ. Основные группы микроорганизмов, составляющие сбалансированную экосистему: продуценты и деструкторы органического вещества. Продуценты - хемолитотрофные (1) и фототрофные (2) микроорганизмы: (1) водородокисляющие, сероокисляющие, железокисляющие и др., использующие переменновалентные элементы; (2) кислородные фототрофы (водоросли и цианобактерии); анакислородные фототрофы: нитчатые анакислородные фототрофы, зеленые серобактерии, гелиобактерии, протеобактерии (пурпурные серные бактерии, несерные пурпурные бактерии, аэробные, бактериохлорофилл а – содержащие бактерии). Первичные и вторичные деструкторы: аэробные и анаэробные гетеротрофные микроорганизмы с широким спектром гидролитических ферментов, сульфатредукторы, метаногены.

## Тема 4

Методология изучения геохимической деятельности микроорганизмов. Элективные питательные среды для учета численности и выделения микроорганизмов. Результаты использования предложенного С.Н.Виноградским принципа создания элективных сред для выявления физиолого-биохимического разнообразия микроорганизмов, участвующих в круговороте элементов в биосфере, и понимания глобального распространения микроорганизмов в различных экосистемах биосферы Земли. Флуоресцентная микроскопия для определения численности микроорганизмов. Использование разных красителей для подсчета численности и биомассы клеток микроорганизмов. Радиоизотопные, газово-хроматографические и изотопно-геохимические методы оценки активности микроорганизмов. Использование высокочувствительных методов (радиоизотопы, газовая хроматография и т.п.) для анализа изменений в содержании субстратов и продуктов микробного метаболизма в краткосрочных модельных экспериментах, условия которых приближены к

природным. Эффекты фракционирования стабильных изотопов биогенных элементов при фотосинтезе и микробных процессах. Использование этих данных для доказательства геохимической активности микроорганизмов в современных экосистемах и в геологическом прошлом Земли. Молекулярно-биологические методы для детекции таксономического разнообразия микроорганизмов и их функциональной активности. Флуоресцентная *in situ* гибридизация (FISH), пироквенирование и метагеномика, как методы индикации микробного разнообразия и структуры микробных сообществ, использование праймеров на функциональные гены с целью диагностики присутствия определенных групп микроорганизмов в сообществах и в смешанных культурах.

### Тема 5

Роль микроорганизмов в круговороте основных биогенных элементов.

Участие микроорганизмов в круговороте углерода. Физиолого-биохимические механизмы ключевых микробных процессов круговорота углерода: кислородный и бескислородный фото- и хемосинтез, гетеротрофная ассимиляция углекислоты, многоступенчатый механизм минерализации органических веществ и физиолого-биохимические группы микроорганизмов, участвующих в этом процессе. Аэробные и анаэробные процессы цикла метана. Аэробные метанотрофы, метанобразующие археи, анаэробные метанотрофные археи, сульфат-зависимое анаэробное окисление метана, анаэробное окисление метана, сопряженное с денитрификацией и восстановлением Fe и Mn. Микробная биогеохимия круговорота серы.

Физиолого-биохимическая характеристика сульфатредуцирующих, сероредуцирующих, аэробных и анаэробных серобактерий, нейтрофильных и ацидофильных тионовых бактерий и физико-химические условия их функционирования в экосистемах биосферы. Распространение и геохимическая активность микроорганизмов круговорота серы в водной толще водоемов различного типа (моря, озера). Микробиологические, минералогические и стабильноизотопные методы исследования геохимической активности микроорганизмов цикла серы в донных осадках водоемов. Важнейшая роль сульфатредукторов в круговороте серы и углерода и их роль в генезисе диагенетических сульфидов и карбонатов в современных и древних водоемах. Роль различных групп аэробных микроорганизмов серного цикла в окислении сероводорода и элементной серы эндогенного происхождения в рифтовых зонах океана и на действующих вулканах. Роль микроорганизмов цикла серы в генезисе осадочных месторождений сульфидов металлов и самородной серы.

### Тема 6

Основы микробной биогеотехнологии. Микробное окисление сульфидных руд, бактериально-химическое выщелачивание цветных и благородных металлов. Технологические схемы кучного, подземного и чанового бактериально-химического выщелачивания руд, концентратов и отвалов



цветных и благородных металлов как пример создания крупнотоннажной биогеотехнологии. Микробиологические методы повышения нефтеотдачи пластов. Микрофлора эксплуатируемых нефтяных месторождений и возможности регуляции ее активности с целью разработки микробных биогеотехнологий повышения нефтеотдачи. Закономерности распределения микроорганизмов в эксплуатируемых нефтяных месторождениях и наличие продуктов их жизнедеятельности в пластовых водах. Обзор предложенных биогеотехнологий микробного повышения нефтеотдачи. Результаты применения биогеотехнологии активизации цепочки аэробных и анаэробных микробных процессов на месторождениях нефти России и Китая. Микробиологические методы очистки от нефтяных загрязнений и отходов горнодобывающей промышленности. Углеводородоокисляющие микроорганизмы и их использование для биотехнологии очистки почв и водоемов от нефтяных загрязнений. Особенности и перспективы развития биотехнологии очистки вод, загрязненных тяжелыми металлами, с помощью сульфатредуцирующих бактерий. Очистка бытовых и промышленных сточных вод. Общая технологическая схема очистки сточных вод, роль различных групп микроорганизмов на разных стадиях очистки, аэротенки, метантенки, процесс анаммокс.

## **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. 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).
2. 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).
3. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера : в 3 т. Т. 1 : Основы биохимии, строение и катализ ; пер. с англ. — 3-е изд., испр. — М. : Лаборатория знаний, 2017. — 694 с. : ил. — (Лучший зарубежный учебник).
4. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера : в 3 т. Т. 2 : Основы биохимии, строение и катализ ; пер. с англ. — 3-е изд., испр. — М. : Лаборатория знаний, 2017. — 694 с. : ил. — (Лучший зарубежный учебник).
5. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера : в 3 т. Т. 3 : Основы биохимии, строение и катализ ; пер. с англ. — 3-е изд., испр. — М. : Лаборатория знаний, 2017. — 694 с. : ил. — (Лучший зарубежный учебник).

6. 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.

### 7.2. 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. Смит К. Ю. М. Биология сенсорных систем; Пер. с англ. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. — 583 с.: ил. — (Интеллектуальные и адаптивные системы)
5. Джаксон М.Б. Молекулярная и клеточная биофизика; пер. с англ. — М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. - 551 с.: ил.
6. 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.
7. Лоуи Д.Б. Великая химия. От греческого огня до графена. 250 основных вех в истории химии; пер. с англ. А. Л. Капанадзе.—М. : Лаборатория знаний, 2018.—540 с. : ил.

### 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/zblmath/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://www1.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. Пименов, д.б.н. А.С. Саввичев