

«ПРИНЯТО»

На заседании Ученого совета

ФИЦ Биотехнологии РАН

Протокол № 4 от 07.06.2023

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора

ФИЦ Биотехнологии РАН

д.б.н.

 А.Н. Федоров



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«ЭКОЛОГИЯ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
МИКРООРГАНИЗМОВ»

Укрупненная группа научных специальностей: 1.5. Биологические науки

Научная специальность: 1.5.11. Микробиология

Уровень образования: высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Экология и геохимическая деятельность микроорганизмов» разработана в соответствии с приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)»

Составители

№	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, звание
1	Пименов Николай Викторович	д.б.н.
2	Саввичев Александр Сергеевич	д.б.н.

Согласовано

Заместитель директора
по научной работе, к.б.н.



А.М. Камионская

Содержание

1. Цель и задачи изучения дисциплины (модуля).....	4
1.1. Цель изучения дисциплины (модуля).....	4
1.2. Задачи дисциплины (модуля).....	4
2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы.....	4
3. Содержание дисциплины (модуля).....	4
4. Учебно-тематический план дисциплины (модуля).....	7
5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.....	7
6. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.....	8
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).....	9
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).....	12
9. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины (модуля).....	12
10. Методические рекомендации преподавателю по организации учебного процесса по дисциплине (модулю).....	15

1. Цель и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель изучения дисциплины (модуля)

Подготовка исследователей, владеющих знаниями о технологическом использовании геохимической активности микроорганизмов, необходимыми для осуществления теоретических и прикладных исследований в области микробиологии.

1.2 Задачи дисциплины (модуля):

- формирование у аспирантов представления о закономерностях развития микробных сообществ и бактериальных матов;
- формирование представления о принципах распространения микроорганизмов в разнообразных по физико-химическим параметрам средах (местообитаниях);
- ознакомление аспирантов 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. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Виды учебной работы		Всего, час	Объем по семестрам							
			1	2	3	4	5	6	7	8
Контактная работа обучающегося с преподавателем по видам учебных занятий (Контактная работа):		36	-	36	-	-	-	-	-	-
Лекционное занятие (Л)		18	-	18	-	-	-	-	-	-
Семинарское / практическое занятие (СПЗ)		18	-	18	-	-	-	-	-	-
Самостоятельная работа обучающегося, в том числе подготовка к промежуточной аттестации (СР)		68	-	68	-	-	-	-	-	-
Вид промежуточной аттестации: Зачет (З), Зачет с оценкой (ЗО), Экзамен (Э), Кандидатский экзамен (КЭ)		Э	-	4	-	-	-	-	-	-
Общий объем	в часах	108	-	108	-	-	-	-	-	-
	в зачетных единицах	3	-	3	-	-	-	-	-	-

3. Содержание дисциплины (модуля)

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

Основные группы микроорганизмов, составляющие сбалансированную экосистему: продуценты и деструкторы органического вещества. Продуценты - хемолитотрофные (1) и фототрофные (2) микроорганизмы: (1) водородоокисляющие, сероокисляющие, железooksисляющие и др., использующие переменновалентные элементы; (2) кислородные фототрофы (водоросли и цианобактерии); анакисгенные фототрофы: нитчатые анакисгенные 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), пиросеквенирование 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 анакисгенный 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. Углекислородокисляющие 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.

4. Учебно-тематический план дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование тем и разделов (с развернутым содержанием курса)	Количество часов	Форма контроля
------------------	--	-------------------------	---------------------------

	по каждой теме и разделу)	Всего	КР	ЛК	СМ	СР	Экзамен
Общий объем		108	36	18	18	68	4
1	Введение в экологию микроорганизмов. Основные типы экосистем и их классификация.	17	6	3	3	11	Устный опрос
2	Умеренные и экстремальные экосистемы.	17	6	3	3	11	Устный опрос
3	Структура, функция микробных сообществ. Основные группы микроорганизмов, составляющие сбалансированную экосистему	18	6	3	3	12	Устный опрос
4	Методология изучения геохимической деятельности микроорганизмов.	18	6	3	3	12	Устный опрос
5	Роль микроорганизмов в круговороте основных биогенных элементов.	17	6	3	3	11	Устный опрос
6	Основы микробной биогеотехнологии.	17	6	3	3	11	Устный опрос
	Экзамен	4	-	-	-	-	Устный опрос

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся является неотъемлемой частью процесса обучения и может быть представлена как средство организации самообразования и воспитания самостоятельности как личностного качества. Самостоятельная работа обучающихся по освоению учебных дисциплин (модулей) предполагает более глубокую проработку ими отдельных тем дисциплин, определенных рабочими программами. Основными видами и формами самостоятельной работы обучающихся являются:

- проработка конспектов лекций;
- поиск информации по теме;
- аннотирование и реферирование дополнительной литературы;
- проработка учебного материала (по конспектам учебной и научной литературы) и подготовка докладов на практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях, научных конференциях;
- подготовка рефератов;
- самоподготовка по вопросам;
- подготовка к текущему контролю успеваемости / промежуточной аттестации.

При организации самостоятельной работы обучающимся рекомендуется использовать методические указания и материалы по учебной дисциплине (модулю), текст лекций, а также электронные пособия.

6. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

Текущий контроль успеваемости проводится в соответствии с локальными нормативными актами ФИЦ Биотехнологии РАН, регулирующими формы, периодичность

и порядок проведения текущего контроля успеваемости аспирантов.

Текущий контроль осуществляется в форме устного опроса.

Устный опрос проводится на лекциях. Цель устного опроса - оценка самостоятельной работы аспирантов по вопросам тем теоретического содержания.

Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (экзамену)

1. Что изучает экология микроорганизмов?
2. Принципы классификации экосистем
3. Факторы, определяющие устойчивость экосистемы
4. Роль микроорганизмов в стабилизации экосистем
5. Понятие симбиоза, синтрофии, паразитизма, хищничества
6. Экстремальные и умеренные экосистемы, их отличия
7. Типичные экстремальные экосистемы и их характеристика (щелочные и кислые; высокотемпературные и низкотемпературные; гиперсоленые нейтрофильные, гиперсоленые щелочные)
8. Основное отличие экстремофилов от умеренных форм микроорганизмов
9. Основные группы микроорганизмов, составляющие сбалансированную экосистему
10. Физиологические группы микроорганизмов, способные исполнять роль первичных продуцентов
11. Первичные и вторичные деструкторы
12. Методы исследования геохимической деятельности микроорганизмов
13. Методы учета численности микроорганизмов на питательных средах, понятие элективных сред
14. Использование флуоресцентной микроскопии для определения численности микроорганизмов
15. Методы количественной оценки активности микроорганизмов и микробных сообществ, газохроматографические, радиоизотопные и стабильноизотопные методы
16. Молекулярно-биологические методы в экологии
17. Пироквенирование и метагеномика как методы индикации микробного разнообразия и структуры микробных сообществ
18. Использование праймеров на функциональные гены для диагностики присутствия определенных групп микроорганизмов в сообществах и в смешанных культурах
19. Роль микроорганизмов в глобальных круговоротах биогенных элементов
20. Основные группы микроорганизмов, обеспечивающие круговорот углерода на нашей планете
21. Аэробные и анаэробные процессы цикла метана
22. Метаногенные археи
23. Аэробные метанотрофы и анаэробные метанотрофные археи
24. Сульфат-зависимое анаэробное окисление метана, анаэробное окисление метана, сопряженное с денитрификацией и восстановлением Fe и Mn.
25. Основные процессы и микроорганизмы биогеохимического круговорота серы
26. Важнейшая роль сульфатредуцирующих микроорганизмов в круговороте серы в водоемах

27. Микробное окисление сульфидных руд
28. Бактериально-химическое выщелачивание цветных и благородных металлов
29. Основные микробиологические методы повышения нефтеотдачи
30. Примеры использования микробиологических методов повышения нефтеотдачи на нефтяных месторождениях в разных странах
31. Использование микроорганизмов для очистки от нефтяных загрязнений
32. Биотехнологии очистки вод, загрязненных тяжелыми металлами
33. Принципы работы очистных сооружений коммунальных сточных вод
34. Микробное сообщество аэротенков и метантенков
35. Процесс аннамокс

Оценивание результатов обучения

Критерии оценивания устных ответов, текущих заданий и итогового проекта.

Оценка «отлично» (86-100 баллов) - глубокие исчерпывающие знания всего программного материала, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений. Логически последовательные, полные, правильные и конкретные ответы на все основные вопросы. Правильные и конкретные ответы на дополнительные вопросы. Использование в необходимой мере в ответах на вопросы материалов всей рекомендованной литературы.

Оценка «хорошо» (69-85 баллов) - твердые и достаточно полные знания программного материала, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений. Последовательные и правильные, но недостаточно развернутые ответы на основные вопросы. Правильные ответы на дополнительные вопросы. Ссылки в ответах на вопросы на отдельные материалы рекомендованной литературы.

Оценка «удовлетворительно» (51-68 баллов) - правильные и конкретные, без грубых ошибок ответы на основные вопросы. Наличие отдельных неточностей в ответах. В целом правильные ответы с небольшими неточностями на дополнительные вопросы. Некоторое использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной литературы.

Оценка «неудовлетворительно» (0-50 баллов) выставляется в случае, когда количество неправильных ответов превышает количество допустимых для положительной оценки.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Изучение учебной дисциплины (модуля) предполагает освоение теоретических вопросов, освещенных в лекционном материале и учебно-методической литературе, выполнение практических заданий и самостоятельную работу обучающихся. Организация самостоятельной работы предусматривает конспектирование и реферирование рекомендованной преподавателем литературы.

№ п/п	Автор, наименование, место издания, издательство, год издания	Кол-во экземпляров
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).	10
2	Кузнецов А.Е. [и др.]. Прикладная экобиотехнология: учебное	10

	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).	6
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).	6
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
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.	10
Дополнительная литература		
1	Джаксон М.Б. Молекулярная и клеточная биофизика; пер. с англ. - М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. - 551 с.: ил.	5
2	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.	10
3	Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. Микробиология. – 8-е изд., испр. и доп. Учебник для вузов. - М.: Изд-во Юрайт, 2018. - 445 с.	5
4	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.	10
5	Нетрусов А. И., Бонч-Осмоловская Е. А., Горленко В.М. и др.; Под ред. А.И. Нетрусова Экология микроорганизмов: учебник бакалавров. - М.: Изд-во Юрайт, 2018. - 272 с.	5
6	Нетрусов А. И., Котова И. Б. Микробиология: теория и практика. В 2 ч. Часть 1: учебник для вузов. - М.: Изд-во Юрайт, 2018. - 315 с.	5
7	Нетрусов А. И., Котова И. Б. Микробиология: теория и практика. В 2 ч. Часть 2: учебник для вузов. - М.: Изд-во Юрайт, 2018. - 332 с.	5
8	Смит К. Ю. М. Биология сенсорных систем; Пер. с англ. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. - 583 с.: ил. - (Интеллектуальные и адаптивные системы).	5
9	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.	10
10	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.	10

11	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.	10
----	--	----

Электронные ресурсы (базы данных, информационно-справочные и поисковые (специализированные) системы)

Официальный сайт ФИЦ Биотехнологии РАН: адрес ресурса - <https://www.fbras.ru> содержит сведения об образовательной организации и ее подразделениях, локальные нормативные акты, сведения о реализуемых образовательных программах, их учебно-методическом и материально-техническом обеспечении, а также справочная, оперативная и иная информация. Через официальный сайт обеспечивается доступ всех участников образовательного процесса к различным сервисам и ссылкам, в том числе к электронной информационно-образовательной среде Центра.

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.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных аудиторий	Перечень специализированной мебели, технических средств обучения
1	Учебные аудитории для проведения занятий, лекционного и семинарского типов, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет", столы, стулья, демонстрационные доски, видеопроекторы, оргтехника.
2	Помещения для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде

Программное обеспечение

- MICROSOFT WINDOWS 7, 10;
- OFFICE, 2013;
- ADOBE CC;
- Adobe Reader;
- Adobe Flash Player;
- Google Chrome, Mozilla Firefox, Mozilla Public License;
- FastStone Image Viewer.

9. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины (модуля)

Основными формами получения и закрепления знаний по дисциплине (модулю) являются занятия лекционного и семинарского типа, самостоятельная работа обучающегося, в том числе под руководством преподавателя, прохождение контроля.

Методические рекомендации по освоению лекционного материала

Лекция выступает пассивной формой работы по отношению к обучающимся, т.к. основная нагрузка в данном случае ложится на преподавателя. Тем не менее, обучающийся должен готовиться к лекции, т.к. заранее ознакомившись с материалом предстоящего занятия, он будет гораздо более осмысленно воспринимать новый материал. К тому же преподаватель может не давать на лекции ту информацию, которая изложена в учебниках, и, следовательно, доступна для самостоятельного изучения обучающихся, а сосредоточиться на раскрытии каких-либо дополнительных сведений по теме.

Во время самостоятельной проработки лекционного материала особое внимание следует уделять возникшим вопросам, непонятным терминам, спорным точкам зрения. Все такие моменты следует выделить или выписать отдельно для дальнейшего обсуждения на практическом / семинарском занятии. В случае необходимости обращаться к преподавателю за консультацией. Полный список литературы по конкретной учебной дисциплине (модулю) приведен в рабочих программах дисциплин (модулей).

Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Практические и лабораторные / семинарские занятия проводятся с целью закрепления лекционного материала, овладения понятийным аппаратом предмета, методами решения проблемных ситуаций, изучаемыми в рамках учебной дисциплины (модуля). Все формы практических и семинарских занятий (круглые столы, дискуссии, научные конференции и пр.) служат тому, чтобы обучающиеся отрабатывали на них практические действия по решению проблемных ситуаций, складывающихся в реальной жизнедеятельности. Главной целью такого рода занятий является: научить обучающихся применению теоретических знаний на практике.

На практическом занятии обсуждаются теоретические положения изучаемого материала, уточняются позиции авторов научных концепций, определяется и формулируется отношение обучающихся к теоретическим проблемам науки, оформляется собственная позиция будущего специалиста. Форма работы – диалог: и обучающиеся, и преподаватель вправе задавать друг другу вопросы, которые возникли и могут возникнуть у них в процессе изучения материала, делятся своими сомнениями, наблюдениями, обосновывают возможность применения на практике тех или иных теоретических положений. Подготовка к практическому занятию включает в себя текущую работу над учебными материалами с использованием конспектов и рекомендуемой основной и дополнительной литературы; групповые и индивидуальные консультации и т.п.

В процессе изучения дисциплины (модуля) учитывается посещаемость занятий, оценивается активность обучающихся на каждом занятии при обсуждении теоретических вопросов, а также качество и своевременность подготовки теоретических материалов, творческих заданий и презентаций. По окончании изучения дисциплины проводится зачёт / экзамен по предложенным вопросам, написание реферата.

Методические рекомендации / требования по подготовке и оформлению реферата (при необходимости его подготовки в соответствии с рекомендациями преподавателя)

Реферат представляет письменный материал по определённой теме, в котором собрана информация из одного или нескольких источников. В нем в обобщенном виде представляется материал на определенную тему, включающий обзор соответствующих литературных и других источников. Рефераты могут являться изложением содержания какой-либо научной работы, статьи и т.п.

Доклад представляет публичное, развёрнутое сообщение (информирование) по определённому вопросу или комплексу вопросов, основанное на привлечении документальных данных, результатов исследования, анализа деятельности и т.д.

Правила оформления реферата в соответствии с требованиями ГОСТ

С использованием следующих параметров:

- шрифт Times New Roman черного цвета;
- размер шрифта – 14 пт.;
- интервал между строчками 1,5 (за исключением титульной страницы);
- поля левой стороны – 3см, правой — 1,5 см, верх и низ по 2 см.;
- нумерация страниц осуществляется арабскими цифрами внизу листа по центру, на титульном листе нумерация не ставится.

Согласно правилам ГОСТа, реферат должен быть распечатан на обычном листе А4, с одной стороны, обратная сторона листа остается чистой.

Рекомендуемая структура реферата

Собрав все доступные источники информации на определенную тему, необходимо, в первую очередь, самостоятельно с ней ознакомиться, чтобы понятно раскрыть ее в реферате. Чтобы облегчить написание реферата можно составить для себя план и разделить работу на этапы - это значительно облегчит рабочий процесс.

Объем работы в печатном виде должен составлять не менее 7 и не более 15 страниц. Для того чтоб работа легко воспринималась, следует придерживаться определенной структуры текста:

- Содержание.
- Введение (обосновывается цель написания работы, актуальность и причина выбора именно этой темы).
- Главы, основная часть работы, где в результате ознакомления со списком литературы, открывается точка зрения автора на выбранную тему. Обозначаются в верхней центральной части листа заглавными буквами. Все главы нумеруются.
- Заключение (короткие и четкие выводы сформированы из основной части реферата).
- Приложения, если такие использовались.
- Список используемой литературы (должен включать от 4 до 10 источников).

Список литературы оформляется в алфавитном порядке, сначала публикации на русском языке, затем - иностранные, в конце - другие источники (ссылки на сайты в Интернете).

Каждая новая часть / глава реферата должна начинаться с новой страницы. Текст выравнивается по ширине. Отступления между абзацами должны составлять 1,5 см.

В текст научной работы можно вставлять таблицы (подпись и номер оформляется над ней), рисунки и изображения (подписываются в центральной части под ними) и ссылки (не более 10).

На защиту реферата отводится 5 – 7 минут, вместе с вопросами группы. На защите

оценивается: Удачно ли устное выступление (культура речи, манера, использование наглядных средств, удержание внимания аудитории), прозвучала основная идея реферата, какие задачи были поставлены и как они были реализованы. Как обучающийся ориентируется в материале, и отвечает на вопросы (полнота, аргументированность, убедительность и т.д.). Проведена ли исследовательская работа, каковы ее результаты, чем они обоснованы.

Различные виды учебной работы аспиранта способствуют овладению культурой мышления, способностью в письменной и устной речи логически правильно оформить его результаты, готовностью к формированию системного подхода к анализу информации, восприятию инноваций, формируют способность и готовность к самосовершенствованию, самореализации, личностной и предметной рефлексии.

Более того, различные виды учебной деятельности формируют способность в условиях развития науки и практики к переоценке накопленного опыта, анализу своих возможностей, умению приобретать новые знания, использовать различные формы обучения, информационно-образовательные технологии.

10. Методические рекомендации преподавателю по организации учебного процесса по дисциплине (модуля)

Преподавание дисциплины (модуля) осуществляется в соответствии с Федеральными государственными требованиями.

При изучении дисциплины (модуля) рекомендуется использовать следующий набор средств и способов обучения:

- рекомендуемую литературу;
- задания для подготовки к семинарам (практическим занятиям);
- вопросы для устного опроса и обсуждения и др.;
- задания для текущего контроля успеваемости (задания для самостоятельной работы обучающихся);
- вопросы и задания для подготовки к промежуточной аттестации по итогам изучения дисциплины (модуля).

При проведении занятий лекционного и семинарского типа необходимо придерживаться учебно-тематического плана дисциплины (модуля). Необходимо уделить внимание рассмотрению вопросов и заданий, включенных в оценочные задания, при необходимости, решить аналогичные задачи с объяснением алгоритма решения. Следует обратить внимание обучающихся на то, что для успешной подготовки к текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации нужно изучить рекомендованную литературу и иные рекомендованные источники, необходимые для изучения дисциплины (модуля).

Текущий контроль успеваемости по дисциплине (модулю) и промежуточная аттестация осуществляются в соответствии с локальными нормативными актами ФИЦ Биотехнологии РАН, регулируемыми формы, периодичность и порядок проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации аспирантов.

Наличие в Центре электронной информационно-образовательной среды, а также электронных образовательных ресурсов позволяет изучать дисциплину (модуль) инвалидам и лицам с ОВЗ. Особенности изучения дисциплины (модуля) инвалидами и лицами с ОВЗ определены в Положении об организации получения образования для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.