

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ЛИН СО РАН)**



**УТВЕРЖДАЮ**

Директор

**А.Н. Федотов**

**2024 г.**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Индекс дисциплины по УП: **4.3(Ф)**

Наименование дисциплины (модуля): **Экология и биогеохимическая  
деятельность микроорганизмов**

Научная специальность: **1.5.11. Микробиология**

Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Иркутск, 2024

### **1 Цель и задачи дисциплины (модуля)**

Цель дисциплины «Экология и биогеохимическая деятельность микроорганизмов» – ознакомление аспирантов с экологической ролью микроорганизмов и их вклад в процессы трансформации углерода, азота, железа, серы и других элементов в пресноводных экосистемах.

Задачи дисциплины:

- сформировать представления о принципах распространения микроорганизмов в разнообразных местообитаниях;
- рассмотреть вопросы таксономического статуса микроорганизмов и их участие в биогеохимических циклах, определить взаимосвязь циклов в пресноводных экосистемах;
- ознакомить аспирантов с методами молекулярной биологии для решения микробиологических задач в экологических исследованиях;
- сформировать представление об особенностях организации, физиологии и биохимии аэробных и анаэробных микроорганизмов, а также рассмотреть вопросы их практического использования;
- определить роль микроорганизмов в экосистеме озера Байкал.

### **2 Место дисциплины в процессе подготовки аспиранта:**

Программа дисциплины (модуля) «Экология и биогеохимическая деятельность микроорганизмов» (4.3(Ф)) относится к факультативным дисциплинам образовательного компонента программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по специальности Микробиология.

Курс предполагает наличие базовых знаний, полученных по основным программам вуза, по общей генетике, биохимии и молекулярной биологии, микробиологии.

### **3 Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)**

Процесс изучения дисциплины «Экология и биогеохимическая деятельность

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

#### ***Знать:***

- основные разделы экологии микроорганизмов; роль микробиологии и экологии в комплексе биологических наук;
- экологию представителей основных таксонов микроорганизмов, их геохимическую деятельность;
- роль микроорганизмов в циклах углерода, азота, железа, серы;
- филогению микроорганизмов, основанную на изучении последовательностей гена 16S рРНК; функциональных генов;
- основные микробиологические методы исследований и сферы их применения;
- участие микроорганизмов в биогеохимических процессах.

#### ***Уметь:***

- использовать полученные знания и навыки для решения профессиональных задач;
- обобщать и систематизировать современные достижения в области экологии микроорганизмов;
- обрабатывать и критически оценивать имеющиеся литературные данные;
- планировать проведение экспериментальных исследований;
- осуществлять интерпретацию полученных результатов экспериментальных и практических работ.
- ориентироваться в специальной научной и методической литературе по профилю подготовки и смежным вопросам, анализировать, оценивать и применять полученные знания при изучении других дисциплин и в профессиональной деятельности.

#### ***Владеть:***

- навыками работы с научной информацией с использованием новых технологий биоинформатики;
- методами и приемами экспериментальных исследований в области молекулярной биологии; биохимии; биотехнологии, биоинформатики, микробиологии;
- методами работы с основными базами данных биологической информации и классификации микроорганизмов;
- современными представлениями и концепциями об общих проблемах и перспективах развития экологии микроорганизмов.

#### 4 Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы		Всего часов / зачетных единиц	Курс
			3
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		24/0,67	24/0,67
В том числе:			
Лекции		24/0,67	24/0,67
Практические занятия		-	-
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>		10/0,27	10/0,27
Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации		10/0,27	10/0,27
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет)</b>		2/0,06	2/0,06
Общая трудоемкость	часы	36	36
	зачетные единицы	1	1

#### 5 Содержание дисциплины (модуля)

##### 5.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

###### Тема 1 Введение.

Понятие биогеохимия и биогеохимический цикл. Практическое и теоретическое значение биогеохимии микроорганизмов. Учение о биосфере и роли микроорганизмов в круговороте вещества. Место микроорганизмов в естествознании. Функциональное разнообразие микроорганизмов. Взаимодействие микроорганизмов в составе микробных сообществ, деятельность микробных сообществ в составе биосферы. Разнообразие представителей доменов *Bacteria* и *Archaea*, как ключевых агентов циклов углерода, азота, серы и железа. Сопряженность биогеохимических циклов.

###### Тема 2. Понятие о микробном сообществе.

Структура микробного сообщества. Трофические и физические связи в микробном сообществе. Структурная организация микробного сообщества. Трофические связи в микробном сообществе. Примеры аэробных и анаэробных микробных сообществ. Социальное поведение бактерий. Колониальная организация и межклеточная коммуникация у микроорганизмов. Межбактериальные взаимодействия.

###### Тема 3. Биогеохимические циклы.

Цикл углерода. Метанотрофия и метаногенез в природных экосистемах. Роль микроорганизмов в образовании и окислении метана в пресноводных и морских экосистемах. Понятие донор и акцептор. Методы изучения микроорганизмов цикла метана. Понятие продукции и деструкции. Цикл азота. Фиксация молекулярного азота. Аммонификация. Нитрификация. Денитрификация. *Planctomycetes* и их роль в цикле азота. Сопряжение циклов азота и углерода. Цикл серы. Минерализация органической серы. Окисление минеральной серы. Сульфатредукция (восстановление сульфатов). Восстановление элементарной серы. Цикл фосфора. Минерализация органических соединений, содержащих фосфор. Растворение минеральных фосфатов. Цикл кальция. Понятие аутигенные карбонаты. Цикл кремния. Цикл железа. Магнитобактерии.

Железоокисляющие микроорганизмы. Формирование железомарганцевых корок и слоев. Сопряжение циклов элементов. Геохимическая деятельность микроорганизмов. Понятие кандидатного филума.

#### **Тема 4. Микробные сообщества водных экосистем.**

Характеристика водоемов как среды обитания микроорганизмов. Классификация водоемов. Особенности пресных водоемов как среды обитания микроорганизмов. Физико-химические свойства водной массы. Стратификация водоемов. Специфика микробных сообществ океанов, рек, различных типов озёр. Микроорганизмы аэробной зоны. Микроорганизмы микроаэрофильной зоны. Микроорганизмы анаэробной зоны. Микроорганизмы донных отложений. Роль микроорганизмов в самоочищении водоема.

#### **Тема 5. Микробные сообщества почв.**

Специфика почвы как среда обитания микроорганизмов. Микрозональность почвы. Твердая фаза почвы. Природа явления адгезии микроорганизмов. Жидкая фаза почвы. Развитие микроорганизмов в пленках и капиллярах. Газовая фаза почвы. Строение и функционирование комплекса почвенных микроорганизмов. Роль микроорганизмов в процессе формирования плодородия почв. Характеристика основных групп почвенного микронаселения. Почвенные микроорганизмы: микроскопические грибы, аскомицеты, бактерии, простейшие. Грибы, их место и роль в биогеоценозе. Разложение растительного опада и древесины. Процессы образования и разложения гумуса и участие в них грибов. Самоочищение почв. Участие почвенных микроорганизмов в циклах углерода, азота, серы, фосфора, железа.

#### **Тема 6. Методы изучения микроорганизмов циклов углерода, азота и серы.**

Классические и молекулярно-биологические методы исследования структуры микробных сообществ. Методы изучения активности микроорганизмов в природе. Оценка геохимической активности микроорганизмов на основании определения изотопного состава углерода метана, органического вещества, углерода растворимых карбонатов водной толщи и поровой воды осадков. Скорости микробной сульфатредукции, образование и окисление метана. Получение и описание накопительных культур анаэробных микроорганизмов циклов углерода, азота и т.д. Методы флюоресцентной визуализации прокариотных клеток (FISH, CARD-FISH), методы секвенирования, секвенаторы нового поколения, реакция Сэнгера. Биоинформационная обработка, полученных данных анализа состава микробных сообществ природных экосистем. Метатранскриптомика микробных сообществ.

#### **Тема 7. Биотехнология микроорганизмов.**

Микроорганизмы как индикаторы при геологических исследованиях. Микробиологические методы повышения нефтеотдачи пластов. Микробиота 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. Очистка сточных вод аммонийокисляющими микроорганизмами.

### **5.2 Разделы и темы дисциплины (модуля) и виды занятий**

№ п/п	Темы, разделы	Всего часов	Виды занятий в часах		
			Лекции (зачет)	Практические занятия	Самостоятельная работа (подготовка к зачету)
1	Введение. Общие понятия дисциплины экология и	4	2	-	2

	биогеохимическая деятельность микроорганизмов.				
2	Понятие о микробном сообществе.	4	3	-	1
3	Биохимические циклы и роль микроорганизмов.	7	5	-	2
4	Микробные сообщества водных экосистем.	4	3	-	1
5	Микробные сообщества почв.	4	3	-	1
6	Методы изучения микроорганизмов циклов углерода, азота и серы.	6	5	-	1
7	Биотехнология микроорганизмов.	5	3	-	2
8	Промежуточная аттестация (зачет)	2	-	-	-
ВСЕГО (часы)		36	24	-	10

## 6 Темы практических занятий

Практические занятия не предусмотрены

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

### 7.1 Литература

*Основная:*

1 **Нетрусов, А. И.** Микробиология [Текст] / А.И. Нетрусов, И.Б. Котова. – Москва: Академия, 2012. – 384 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

2 **Куранова, Н. Г.** Микробиология. Часть 1. Прокариотическая клетка [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.Г. Куранова, Г.А. Купатадзе. – Электрон. текстовые данные. – М.: Прометей, 2013. – 108 с. – 978-5-7042-2459-4. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24002.html>

3 **Красникова, Л. В.** Микробиология [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л.В. Красникова. – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Троицкий мост, 2015. – 294 с. – 978-5-4377-0005-1. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40872.html>

4 **Заварзин, Г.А.** Лекции по природоведческой микробиологии [Текст] / Г.А. Заварзин; Отв. ред. Н.Н. Колотилова; Ин-т микробиологии. – М.: Наука, 2004. – 256 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

5 **Кузнецов, А.Е.** Научные основы экобиотехнологии [Электронный ресурс]: Учебное пособие для студентов / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова – М.: Мир, 2006. – 504 с. [https://www.researchgate.net/publication/292607328\\_Scientifical\\_basis\\_of\\_environmental\\_biotechnology\\_published\\_in\\_Russian\\_-\\_Nauchnye\\_osnovy\\_ekobiotehnologii](https://www.researchgate.net/publication/292607328_Scientifical_basis_of_environmental_biotechnology_published_in_Russian_-_Nauchnye_osnovy_ekobiotehnologii)

6. **Лыков, И.Н.** Микроорганизмы. Биология и экология [Электронный ресурс]: Учебное пособие для студентов / И.Н. Лыков, Г.А. Шестакова — Калуга : Издатель Захаров С.И. («СерНа»), 2014. — 400 с. — 978-5-905849-24-4. – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/32840.html> (дата обращения: 17.10.2021).

7. **Намсараев, Б.Б.** Микробиологические процессы круговорота углерода в донных осадках озера Байкал [Текст] / Б.Б Намсараев, Т.И. Земская – Н: Гео, 2000. – 160 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

*Дополнительная:*

а) Книжные издания:

1. **Андреева, И. С.** Роль микроорганизмов в функционировании живых систем. Фундаментальные проблемы и биоинженерные приложения [Электронный ресурс] / И.С. Андреева, А.В. Брянская, С.М. Жмодик. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2010. – 476 с. – 978-5-7692-1147-8. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/15812.html>

2. **Браун, Т.** Геномы [Текст]: учебное пособие / Т.А. Браун. – Москва; Ижевск: "Институт компьютерных исследований", 2011. – 944 с. — Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

3. **Бухар, М.** Популярно о микробиологии [Электронный ресурс] / М. Бухар. – Электрон. текстовые данные. – М.: Альпина Паблишер, Альпина нон-фикшн, 2016. – 218 с. –978-5-91671-198-1. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/48576.html>

4. **Бухарин, О. В.** Микробиология биоценозов природных водоемов [Текст]: монография / О.В. Бухарин, Н.В. Немцева. – Екатеринбург: Уро РАН, 2008. – 156 с. – Режим доступа: библиотечный фонд ЛИН СО РАН.

5. **Куранова, Н. Г.** Микробиология. Ч.2. Метаболизм прокариот [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.Г. Куранова, Г.А. Купатадзе. — М.: Прометей, 2017. — 100 с. — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/94459.html>

*б) Периодические издания:*

- 1 Микробиология
- 2 Молекулярная биология
- 3 Сибирский экологический журнал
- 4 Успехи современной биологии
- 5 Прикладная биохимия и микробиология
- 6 Биология внутренних вод
- 7 Биология моря
- 8 Applied and Environmental Microbiology
- 9 FEMS Microbial Ecology
- 10 PLoS One
- 11 Frontiers in Microbiology
- 12 Limnology and Oceanography

## **7.2 Программное обеспечение**

1. Microsoft Office
2. Open Office
3. Microsoft Windows
4. Adobe Acrobat Pro
5. Dr. Web Corporate Anti-Virus
6. Kaspersky Anti-Virus
7. Corel Draw
8. GIMP
9. MrBayes BEAST
10. BLAST
11. CLUSTAL
12. Программная среда R

## **7.3 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1 <http://microbiosociety.ru/> – «Микробиологическое общество» – межрегиональная общественная организация, созданная в 1993 на основе Всесоюзного микробиологического общества (1957-1991) с целью содействия развитию творческой деятельности ученых, инженерно-технических работников, преподавателей и учащихся в области микробиологии и сопредельных научных дисциплин. На сайте представлены

новости науки (информация о конференциях, важные даты, приглашения к публикациям, информация о грантах и конкурсах) и важная информация общества

3 <http://www.bismis.org/> – Международное общество по микробной систематике;

4 <https://www.asm.org/> – Американское микробиологическое общество;

5 <http://molbiol.ru/> – сайт для общения биологов и молекулярных биологов. На сайте можно задать вопрос и получить на него ответ.

5 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed> – международная база молекулярно-генетических данных;

6 <http://www.bookre.org> – электронная библиотека рунета, поиск журналов и книг;

7 <http://elibrary.ru/defaultx.asp> – научная электронная библиотека, крупнейший российский информационный портал в области науки. На сайте можно прочитать полный текст научной статьи, но обязательна регистрация.

6 <http://www.bacterio.net/-about.html> – "List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature" – валидированная база данных опубликованных наименований прокариот.

## **8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение института, необходимое для реализации программы включает в себя:

- Конференц-залы, помещения ЦКП «Ультрамикроанализ», помещения №№312, 321, 324, библиотека, лекторий 4 этаж,;

- Мультимедийные установки, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет», ламинарные боксы биологической безопасности класс II, амплификаторы ДНК, камеры для электрофореза, центрифуги, термостаты, шейкеры, рН-метры, система очистки воды.

## **9 Образовательные технологии**

При реализации различных видов учебной работы дисциплины используются следующие формы проведения занятий.

*Стандартные методы обучения:*

- Лекция;
- Видео-лекция;
- Дискуссия, круглый стол;
- Практические занятия;
- Самостоятельная работа;
- Лабораторная работа;
- Эксперимент;
- Консультации специалистов.

*Обучения с применением интерактивных форм образовательных технологий:*

- информационно-коммуникационные образовательные технологии – лекция-визуализация, представление научно-исследовательских работ с использованием специализированных программных сред.

## **10 Кадровое обеспечение дисциплины (модуля)**

Реализацию образовательного процесса по программе дисциплины обеспечивает старший научный сотрудник лаб. микробиологии углеводов, кандидат биологических наук Анна Владимировна Ломакина.

Разработчик программы: к.б.н. А.В. Ломакина

## **11 Оценочные средства**

Оценочные средства представлены в **Приложении** к рабочей программе дисциплины в виде фонда оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации аспирантов по освоению дисциплины.



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине (модулю)

«Экология и биогеохимическая деятельность микроорганизмов»

### ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины Экология и биогеохимическая деятельность микроорганизмов.

#### **Оценочные средства текущего контроля**

Текущий контроль проводится для оценки степени усвоения аспирантами учебных материалов, обозначенных в рабочей программе, и контроля СРС. Текущий контроль осуществляется в виде систематической проверки знаний и навыков аспирантов. Для этого используется устный опрос.

#### **Контрольные вопросы для промежуточной аттестации:**

1. Биогеохимия, концепция биосферы, биогеохимический цикл.
2. Экология микроорганизмов и их роль в трансформации органического вещества.
3. Сопряженность биогеохимических циклов.
4. Основные направления экологического изучения микроорганизмов.
5. Основные задачи экологической микробиологии. Раскрыть суть и обосновать актуальность поставленных задач.
6. Разнообразие микроорганизмов в экосистемах их экологические связи.
7. Основные природные органические субстраты, разлагаемые микроорганизмами.
7. Понятие метанотрофия и метаногенез в природных экосистемах. Раскрыть суть данных процессов. Цикл метана в морских и пресноводных экосистемах.
8. Сульфатредукторы и цикл серы.
9. Участие микроорганизмов в круговороте азота. Основные этапы биогеохимического цикла азота, их экологическая роль.
10. Цикл железа: окисление ионов двухвалентного железа. Цикл железа: восстановление ионов трехвалентного железа.
11. Характеристика водоемов как среды обитания микроорганизмов.
12. Классификация водоемов по их продуктивности. Микробиоценозы олиготрофных, мезотрофных, эфтрофных и диазотрофных озер.
13. Озеро Байкал как среда обитания микроорганизмов. История изучения микробных сообществ озера Байкал.
14. Почвенные микроорганизмы и их роль в биогеохимических циклах углерода, азота, серы, фосфора, железа.
15. Методы изучения микроорганизмов.
16. Понятие биотехнология и роль микроорганизмов в биотехнологических процессах.

**Критерии оценки:**

**Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета**

<b>Оценка зачета</b>	<b>Требования к знаниям и критерии выставления оценок</b>
<i>Зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует большую часть содержания тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями.
<i>Не зачтено</i>	Аспирант при ответе демонстрирует знание меньшей части содержания тем учебной дисциплины

## ЛИСТ ОБНОВЛЕНИЯ

<b>Дата</b>	<b>Внесенные обновления</b>	<b>Подпись</b>