

«ПРИНЯТО»

На заседании Ученого совета

ФИЦ Биотехнологии РАН

Протокол № 1 от «28» июля 2015 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

ФИЦ Биотехнологии РАН

Член-корр. РАН

В.О. Попов



**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

2015 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);
- Обладание 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:**

З1(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
З1(УК-2)	методы научно- исследовательской деятельности
З1(УК-3)	особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах
З2(УК-4)	стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках
З1(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. Основные типы экосистем и их классификация.	2
2	Умеренные и экстремальные экосистемы. Умеренные экосистемы. Экстремальные экосистемы	2
3	Структура, функция микробных сообществ. Основные группы микроорганизмов, составляющие сбалансированную экосистему Продуценты - хемолитотрофные и фототрофные микроорганизмы	8
4	Методология изучения геохимической деятельности микроорганизмов. Элективные питательные среды для учета численности и выделения микроорганизмов. Флуоресцентная микроскопия для определения численности микроорганизмов. Радиоизотопные, газово-хроматографические и изотопно-геохимические методы оценки активности микроорганизмов. Молекулярно-биологические методы для детекции таксономического разнообразия микроорганизмов и их функциональной активности.	8
5	Роль микроорганизмов в круговороте основных биогенных элементов. Участие микроорганизмов в круговороте углерода. Аэробные и анаэробные процессы цикла метана Микробная биогеохимия круговорота серы.	8
6	Основы микробной биогеотехнологии. Микробное окисление сульфидных руд, бактериально-химическое выщелачивание цветных и благородных металлов. Микробиологические методы повышения нефтеотдачи пластов. Микробиологические методы очистки от нефтяных загрязнений и отходов горнодобывающей промышленности. 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), 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 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 биогeотехнологии. 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 биогeотехнологии. Микробиологические методы повышения нефтеотдачи пластов. Микрофлора эксплуатируемых нефтяных месторождений и возможности регуляции ее активности с целью разработки микробных биогeотехнологий повышения нефтеотдачи. Закономерности распределения микроорганизмов в эксплуатируемых нефтяных месторождениях и наличие продуктов их жизнедеятельности в пластовых водах. Обзор предложенных биогeотехнологий микробного повышения нефтеотдачи. Результаты применения биогeотехнологии активизации цепочки аэробных и анаэробных микробных процессов на месторождениях нефти России и Китая. Микробиологические методы очистки от нефтяных загрязнений и отходов горнодобывающей промышленности. Углекислородфиксирующие 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. А.И. Нетрусов, Бонч-Осмоловская Е.А., Горленко В.М. и др. Экология микроорганизмов. Издательство: Академия, Год: 2004, Страниц: 272
2. А. И. Нетрусов, И. Б. Котова 2009 г. Микробиология. Издательство: Академия. Серия: Высшее профессиональное образование Страниц 352 стр.
3. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. М: Наука. 2004. 348 с.
4. Трубецкой Климент Николаевич. Геоэкология освоения недр Земли и экогeотехнологии разработки месторождений / Трубецкой К.Н., Галченко

Ю.П. — М., 2015. — 359 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 346 — 356. [Изд. при поддержке РФФИ]. — ISBN 978-5-93728-123-4.

7.2. Дополнительная литература

1. Труды Института микробиологии им. С.Н. Виноградского, вып. 16, Термофильные микроорганизмы. Гальченко В.Ф. (отв. Ред.) МАКС Пресс, 2011, 364 стр.
2. Труды Института микробиологии им. С.Н. Виноградского, вып. 14, Алкалофильные микробные сообщества. Гальченко В.Ф. (отв. Ред.) МАКС Пресс, 2007, 398 стр.
3. Труды Института микробиологии им. С.Н. Виноградского, вып. 15, Фотосинтезирующие микроорганизмы. Гальченко В.Ф. (отв. Ред.) МАКС Пресс, 2010, 352 стр.
4. С.И. Кузнецов, М.В. Иванов и Н.Н. Ляликова. Введение в геологическую микробиологию, «Наука», М., 1962, 239 стр.
5. Гальченко Валерий Федорович. Метанотрофные бактерии = Methanotrophic bacteria / Гальченко В.Ф.; Рос. АН. Ин-т микробиологии. — М. : ГЕОС, 2001. — 500 с. : ил., карт. — Рез. англ. Библиогр. : с. 465-496. — ISBN 5-89118-200-9.

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.

- с) Книги (Books) 2005-2010 гг., включая книжные серии и справочники.
- d) Книжные серии (Book Series) 1902-1996 гг.
- е) 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://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. Н.В. Пименов, д.б.н. А.С. Саввичев