

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Факультет почвоведения

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана П.В. Красильников / _____ /

« ____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Геохимическая деятельность микроорганизмов

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки (специальность):

06.04.02 Почвоведение

Направленность (профиль) ОПОП:

Биология почв

Форма обучения: очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией
факультета почвоведения (протокол № _____, дата _____)

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 06.04.02 «Почвоведение» программы магистратуры

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова от 28 декабря 2020 года (протокол № 7).

1. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Вариативной части, профессиональный

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия: Для освоения дисциплины необходимо освоение общенаучных и общепрофессиональных дисциплин базовой части программы бакалавриата, в том числе: «Почвоведение», «Геология», «Минералогия», «Общая химия», «Органическая химия», «Ботаника с основами геоботаники», «Физиология и биохимия растений», «Биология почв», «Экология», а также спецкурсы – «Строение, развитие и систематика бактерий», «Биохимия почвенных микроорганизмов», «Физиология почвенных микроорганизмов».

3. Планируемые результаты обучения в результате освоения дисциплины, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников:

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
М-СПК-1. Способен применять на практике фундаментальные и прикладные аспекты почвенной микробиологии и зоологии, понимает современные насущные задачи и проблемы в данных областях	СПК-1.1. Применяет на практике фундаментальные и прикладные аспекты почвенной микробиологии и зоологии	Знает историю изучения геохимической деятельности микроорганизмов. Знает специфику глобальных круговоротов основных химических элементов и имеет представление об участии микроорганизмов в трансформации наиболее распространенных в Земной коре химических элементов. Может использовать знания и современные достижения геохимической микробиологии при решении практических задач.
М-СПК-2. Способен применять на практике знания о строении, составе и функционировании живой клетки, метаболизме и механизмах его регуляции; может использовать в профессиональной деятельности знания базовых основ генетики организмов	СПК-2.1. Применяет на практике знания о строении, составе и функционировании живой клетки, метаболизме и механизмах его регуляции	Знает основные теории происхождения прокариотной клетки. Имеет представление о клеточной организации прокариот и эукариот, особенностях метаболизма прокариот. Имеет четкое представление об анаболических и катаболических процессах у автотрофов и гетеротрофов, о способах их регуляции. Знает способы получения и преобразования энергии в микробной клетке, основные метаболические процессы, связанные с синтезом

		АТФ. Знает о механизмах микробной трансформации химических элементов и соединений в ходе побочных метаболических процессов. Имеет представление о скорости метаболических процессов у прокариот, о роли микроорганизмов как геохимических агентов.
М-СПК-4. Способен использовать в профессиональной деятельности знания о роли микроорганизмов в глобальных биогеохимических циклах элементов в биосфере, а также значении почвенных организмов в почвообразовании и формировании плодородия почв	СПК-4.1. Использует в профессиональной деятельности знания о роли микроорганизмов в глобальных биогеохимических циклах элементов в биосфере	Хорошо знает о роли и месте микроорганизмов на Земле, об их деятельности в зоне гипергенеза, об основных способах управления их активностью в природных средах. Понимает роль микроорганизмов в биосферных процессах: образовании первичной продукции, трансформации органических и неорганических соединений (азота, углерода, водорода, фосфора, серы, железа и др.), поддержании постоянства состава атмосферы и др.
	СПК-4.2. Имеет четкое представление о значении почвенных организмов в почвообразовании и формировании плодородия почв, использует эти знания при решении практических задач	Хорошо усвоил современные представления о роли микроорганизмов в почвообразовании. Умеет определять проявления важнейших микробиологических процессов в почве и других природных средах. Использует полученные знания для оптимизации азотного баланса в почвах агроценозов, для разработки технологий природопользования, способствующих снижению газообразных потерь азота и углерода из почв. Использует знания о микробной трансформации нефти, тяжелых металлов и ксенобиотиков с целью биоремедиации

		загрязненных почв.
--	--	--------------------

4. **Объем дисциплины** 2 з.е., в том числе 24 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем, 48 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. **Формат обучения** очный

6. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам, с указанием отведенного на них количества академических часов, и виды учебных занятий:

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины / форма текущей аттестации	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)					Самостоятельная работа обучающегося		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (семинары)	Занятия семинарского типа (лабораторные)	Занятия семинарского типа (практические)	Всего	Подбор и анализ литературы, подготовка презентаций и докладов		Всего
Тема 1. Исторический экскурс в учение о геохимической деятельности микроорганизмов. Современные достижения и проблемы геохимической микробиологии	4	2				2	2		2
Тема 2. Роль микроорганизмов в трансформации химических элементов в ходе конструктивного и энергетического обменов	26	10				10	16		16
Тема 3. Микробная трансформация химических элементов в ходе побочных метаболических процессов	12	4				4	8		8

Тема 4. Микроорганизмы и почвообразование	6	2				2	4		4
Тема 5. Разрушение и образование минералов и горных пород микроорганизмами-автотрофами и гетеротрофами	6	2				2	4		4
Тема 6. Каустобиолиты. Микроорганизмы и нефть.	6	2				2	4		4
Тема 7. Микроорганизмы и атмосфера Земли. Микробиологические процессы в водоемах	6	2				2	4		4
Форма текущей аттестации по разделу – доклады									
Промежуточная аттестация	Экзамен						6		
Итого:	72								

Подробное содержание разделов и тем дисциплины:

Тема 1. Исторический экскурс в учение о геохимической деятельности микроорганизмов. Современные достижения и проблемы геохимической микробиологии.

Современные представления о возникновении и эволюции микробной жизни на Земле. Гетеротрофная теория происхождения жизни Опарина-Холдейна. РНК-мир, рибозимы. Модель развития атмосферы Земли Беркнера-Маршалла-Юри, точка и эффект Пастера. Бактериальная палеонтология.

Основные функции микроорганизмов в зоне гипергенеза. Особенности микроорганизмов как геохимических агентов. Современные взгляды на роль микроорганизмов в первичном почвообразовании, формировании гидросферы и атмосферы. Основные методы изучения геохимической деятельности микроорганизмов. Современные биогеотехнологии с использованием микроорганизмов.

Тема 2. Роль микроорганизмов в трансформации химических элементов в ходе конструктивного и энергетического обменов (H, C, N, S, P, O, Fe, Mn, Cu и др.)

Микробная трансформация основных биогенных элементов: H, C, N, S, P, O.

Роль микроорганизмов в круговороте водорода (H) в природе. Биохимические механизмы образования H_2 . Основные группы водородобразующих микроорганизмов. Биохимические механизмы потребления H_2 . Основные группы микроорганизмов, потребляющих водород.

Микробная трансформация соединений азота в природе — основные звенья азотного цикла. Азотфиксация, биохимические механизмы связывания N_2 . Нитрогеназы. Азотфиксирующие (дiazотрофные) бактерии. Роль в природе, регулирование активности процесса азотфиксации. Нитрификация. Механизмы окисления аммония при автотрофной и гетеротрофной нитрификации. Роль нитрификации в природе. Денитрификация. Механизмы восстановления нитратов. Регулирование деятельности микроорганизмов азотного цикла в почве.

Участие микроорганизмов в основных процессах цикла углерода в природе. Фракционирование изотопов углерода микроорганизмами. Фотосинтез кислородный и анакислородный, квазифототрофия. Основные группы фототрофных микроорганизмов.

Хемолитоавтотрофы. «Вторая» биосфера.

Образование и потребление CO в природе. Карбокситрофные бактерии, применение их в промышленности.

Образование метана (CH_4) микроорганизмами. Особенности распространения метаногенных бактерий в природе. Фракционирование изотопов при метаногенезе: биогенный и абиогенный метан. Практическое использование метаногенов. "Биогаз", получение и применение. Потребление метана (CH_4) в природе. Метанотрофные и метилотрофные микроорганизмы. Применение их на практике.

Биохимические механизмы деградации целлюлозы и лигнина, основные группы осуществляющих эти процессы микроорганизмов. Схема анаэробного деструктивного сообщества. Синтез и разрушение гумусовых соединений микроорганизмами.

Роль микроорганизмов в круговороте серы в природе — основные звенья этого цикла. Фракционирование изотопов серы микроорганизмами. Окисление H_2S и других соединений серы микроорганизмами. Образование H_2S микроорганизмами. Восстановление серы, сульфатредуцирующие бактерии (СРБ). Сульфатредукция и анаэробная коррозия железа и бетона. Роль сульфатредукции в содовом засолении, мелиорация засоленных почв. Биогеотехнология обогащения сульфидных руд. Десульфуризация угля и нефти.

Роль микроорганизмов в превращениях фосфора в природе. Механизмы разрушения и мобилизации труднорастворимых фосфатов в почве. Увеличение подвижности фосфора в почве, фосфат-мобилизующие бактерии. Микориза, биологические особенности, роль в природе.

Кислород, история его появления в атмосфере Земли. Биологическое фракционирование изотопов кислорода на Земле. Особенности кислорода как геохимического агента. Основные группы микроорганизмов, осуществляющих превращения кислорода. Микробиологические методы контроля содержания O_2 в природных средах.

Микробная трансформация селена (Se). Цикл селена, особенности его цикла в агроэкосистемах. Биоремедиация почв, загрязненных селеном.

Микробная трансформация железа в природе. Железобактерии "по Виноградскому". Современные представления о железобактериях. Основные механизмы окисления - восстановления, осаждения и концентрирования железа микроорганизмами. Глееобразование, болотные и озерные руды.

Превращения соединений марганца микроорганизмами в природе. Окисление и восстановление марганца микроорганизмами, механизмы процесса. Fe-Mn конкреции в океане.

Микробное окисление и восстановление меди (Cu), молибдена (Mo), хрома (Cr), цинка (Zn), ванадия (V), никеля (Ni), кобальта (Co). Основные механизмы трансформации переменного-валентных элементов микроорганизмами.

Прогнозирование существования новых хемолитоавтотрофных микроорганизмов. Диаграмма Гаррелса-Крайста-Пурбэ.

Тема 3. Микробная трансформация химических элементов в ходе побочных метаболических процессов.

Алкилирование (метилирование) химических элементов с участием микроорганизмов. Роль микроорганизмов в образовании и разрушении комплексных и внутриклеточных соединений. Микробное концентрирование (биосорбция), образование геохимических барьеров. Соокисление и кометаболизм. Полимеризация и поликонденсация. Значение этих процессов в природе, применение на практике.

Микробная трансформация ртути (Hg), мышьяка (As), сурьмы (Sb), йода (I), олова (Sn), золота (Au), урана (U), технеция (Tc). Типы взаимодействия бактерий с тяжелыми металлами. Значение этих процессов для «самоочищения» почвы. Микроорганизмы почв и «металлизация» биосферы.

Тема 4. Микроорганизмы и почвообразование

Роль микроорганизмов в первичном почвообразовании. Современные представления о роли микроорганизмов в образовании и разрушении глинистых минералов. Роль микроорганизмов в образовании и деградации гумусовых веществ: основные группы организмов, механизмы процессов, "затравочный" эффект ("*priming effect*").

Микроорганизмы и плодородие почв. Микроорганизмы почв и «биологическое земледелие». «Почвоутомление». Микроорганизмы и ранневесеннее вымерзание растений. «Цветение» почвы и его роль в плодородии. Микроорганизмы почв и современные почвенные биотехнологии. Микробные препараты, бактериальные удобрения.

Микроорганизмы и физические свойства почв; микроорганизмы и реология почв; микроорганизмы-структоры; микроорганизмы почв и пливуны.

Микроорганизмы и география почв. Микробиологические методы индикации и диагностики почв. Особенности географического распространения микроорганизмов.

Микробиологические основы рекультивации и очистки почв, загрязненных нефтью, тяжелыми металлами, ксенобиотиками.

Микроорганизмы и охрана почв: «самоочищение» и «самовосстановление» почв; санитарное почвоведение.

Тема 5. Разрушение и образование минералов и горных пород микроорганизмами - автотрофами и гетеротрофами

Роль микроорганизмов в превращениях минералов алюминия (Al) и кремния (Si), «кремниевый модуль». Микробная трансформация алюмосиликатов в почве. Основные механизмы разрушения и образования глинистых минералов в почве.

Разрушение и образование горных пород микроорганизмами. Первичное почвообразование. Роль гетеротрофных микроорганизмов. Основные механизмы этих процессов; учение о корях выветривания Б.Б. Плынова и В.А. Ковды. Разрушение и образование горных пород и минералов автотрофными микроорганизмами; механизмы этих процессов.

Микробная трансформация соединений кальция и магния в почве; формы соединений этих элементов в почве, особенности формирования и разрушения минералов.

Тема 6. Каустобиолиты. Микроорганизмы и нефть.

Роль микроорганизмов в образовании и разрушении каустобиолитов и керогенов. Микробиология нефти. Микробиологические методы увеличения нефтеотдачи пластов. Ремедиация почв от нефтяных загрязнений: принципы, подходы, бактериальные препараты.

Тема 7. Микроорганизмы и атмосфера Земли. Микробиологические процессы в водоемах.

Роль микроорганизмов в формировании атмосферы Земли в различные геологические эпохи. Влияние микроорганизмов на состав современной атмосферы Земли, их роль в "парниковом эффекте" и образовании "озоновых дыр". Микроорганизмы-льдообразователи. Микробиологические методы борьбы с загрязнением атмосферы; микробное дезодорирование.

Микробиология стратифицированных водоемов. Очередность использования неорганических акцепторов электронов в водоемах. Первичная и вторичная биологическая продукция, "вторичная первичная продукция".

Микробиологические методы очистки коммунальных и промышленных сточных вод. Микробиология илов, методы их исследования.

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине:

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля:

Рекомендуемые темы докладов:

1. Основные теории происхождения прокариотной клетки.
2. Границы жизни прокариот и эукариот.
3. Роль микроорганизмов в формировании атмосферы Земли в различные геологические эпохи.
4. Основные типы фотосинтеза
5. Разложение природных полимеров в почве.
6. Азотфиксация – роль в азотном балансе почв.
7. Как можно регулировать активность процессов азотного цикла в почве?
8. Образование и трансформация нитратов в почве.
9. Роль микроорганизмов в круговороте серы.
10. Где находится и как функционирует "Вторая биосфера".
11. Биогеотехнология обогащения сульфидных руд.
12. Магнитобактерии, их применение.
13. Биосорбция, применение на практике.
14. Микробиологические подходы к рекультивации почв, загрязненных нефтью.
15. Микробиологические подходы к рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами.
16. Микробиологические подходы к рекультивации почв, загрязненных ксенобиотиками.
17. Микробные препараты, бактериальные удобрения.
18. Микробиологические подходы к очистке сточных вод.
19. Роль микроорганизмов в формировании атмосферы Земли в различные геологические эпохи.
20. Получение альтернативных источников энергии. Биогаз.

7.2. Типовые контрольные вопросы, задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации:

1. Где и до какой глубины осуществляются микробиологические процессы в земной коре?
2. Как и где микроорганизмы образуют H_2 в почве? Что такое «водородные бактерии»?
3. Важнейшие звенья микробиологического цикла углерода в почве. Основные группы микроорганизмов, осуществляющих их.
4. Основные типы фотосинтеза (оксигенный, аноксигенный, бактериородопсиновый) и микроорганизмы, осуществляющие их. Что такое квазифототрофия?
5. Способны ли микроорганизмы усваивать CO_2 в темноте?
6. Как микроорганизмы разлагают целлюлозу в аэробных и анаэробных условиях? Основные группы этих микроорганизмов.
7. Какие микроорганизмы и как разлагают лигнин?

8. Как микроорганизмы образуют метан (CH_4)? Можно ли отличить метан «геологический» от «биологического»?
9. Карбокситрофные бактерии, их применение.
10. Схема анаэробного деструктивного микробного сообщества.
11. Важнейшие звенья микробного цикла азота в почве.
12. Диазотрофия, роль в азотном балансе почв. Нитрогеназы, их особенности. Основные группы микроорганизмов-дiazотрофов.
13. Как образуются нитраты в почве? Механизмы и организмы.
14. Денитрификация: механизмы и микроорганизмы. Способы регуляции этого процесса в почве.
15. Роль микроорганизмов в круговороте серы.
16. Сульфатредукция – механизмы и микроорганизмы.
17. Окисление соединений серы в почве.
18. Биогeотехнология обогащения сульфидных руд.
19. Десульфуризация угля и нефти.
20. Растворение фосфатов в почве – механизмы и микроорганизмы.
21. Как микроорганизмы трансформируют железо в почве? Доступность железа в аэробной среде, сидерофоры.
22. Синтез и разрушение гумусовых соединений микроорганизмами.
23. Особенности кислорода как геохимического агента. Основные группы микроорганизмов, осуществляющих превращения кислорода.
24. Микробная трансформация селена в агроэкосистемах. Биоремедиация почв, загрязненных селеном.
25. Основные механизмы окисления - восстановления, осаждения и концентрирования железа микроорганизмами.
26. Глееобразование, болотные и озерные руды.
27. Магнитобактерии, их применение.
28. Превращения соединений марганца микроорганизмами в природе.
29. Основные механизмы трансформации переменнo-валентных элементов микроорганизмами.
30. Алкилирование (метилирование) химических элементов с участием микроорганизмов.
31. Роль микроорганизмов в образовании и разрушении комплексных и внутрикомплексных соединений.
32. Биосорбция, образование геохимических барьеров.
33. Соокисление и кометаболизм, применение этих процессов.
34. Взаимодействия бактерий с тяжелыми металлами. Значение этих процессов для «самоочищения» почвы.
35. Роль микроорганизмов в образовании и разрушении глинистых минералов в почве.
36. Роль микроорганизмов в формировании и поддержании почвенного плодородия.
37. Влияние микроорганизмов на физические свойства почв.
38. Микробиологические подходы к рекультивации почв, загрязненных нефтью, тяжелыми металлами, ксенобиотиками.
39. Микробные препараты, бактериальные удобрения.

40. Микробная трансформация алюмосиликатов в почве.
41. Разрушение и образование горных пород гетеротрофными микроорганизмами, основные механизмы этих процессов.
42. Разрушение и образование горных пород автотрофными микроорганизмами.
43. Роль микроорганизмов в образовании и разрушении каустобиолитов и керогенов.
44. Микробиологические методы увеличения нефтеотдачи пластов.
45. Ремедиация почв от нефтяных загрязнений: принципы, подходы, бактериальные препараты.
46. Роль микроорганизмов в формировании атмосферы Земли в различные геологические эпохи.
47. Влияние микроорганизмов на состав современной атмосферы Земли, их роль в "парниковом эффекте".
48. Микробиология стратифицированных водоемов.
49. Микробиологические методы очистки коммунальных и промышленных сточных вод.
50. Микробиология илов, методы их исследования.

8. Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине:

В таблице представлена шкала оценивания результатов обучения по дисциплине. Уровень знаний обучающегося оценивается на "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Оценка "отлично" выставляется если обучающийся демонстрирует сформированные систематические знания, умения и навыки их практического использования. Оценка "хорошо" ставится, если при демонстрации знаний, умений и навыков студент допускает отдельные неточности (пробелы, ошибочные действия) непринципиального характера. При несистематических знаниях, демонстрации отдельных (но принципиально значимых навыков) и затруднениях в демонстрации других навыков выставляется оценка «удовлетворительно». Оценка "неудовлетворительно" ставится, если знания и умения фрагментарны, а навыки отсутствуют.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	2	3	4	5
Знания (виды оценочных средств: устные и письменные опросы, участие в дискуссиях)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированн ые знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: контрольные задания и защита	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение	Успешное и систематическое умение

<i>полученных результатов, подготовка докладов, участие в дискуссиях)</i>			(допускает неточности непринципиального характера)	
Навыки (владения, опыт деятельности) <i>(виды оценочных средств: планирование экспериментов по исследованию геохимической деятельности микроорганизмов, планирование мероприятий по биоремедиации почв)</i>	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но не используемые в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

9. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: «Наука». 2004. 347 с.
2. Заварзин Г.А., Колотилова Н.Н. Введение в природоведческую микробиологию. М.: «Книжный дом "Университет"». 2001. 256 с.
3. Кондратьева Е.Н. Автотрофные прокариоты. М.: «Издательство МГУ». 2003. 312 с.
4. Экология микроорганизмов (под общ. ред. А. И. Нетрусова) 2-е изд. М.: Юрайт. 2019. 266 с.

Дополнительная литература:

1. Умаров М.М., Кураков А.В., Степанов А.Л. Микробиологическая трансформация азота в почве. М.: «ГЕОС». 2007. 137 с.
2. Пиневиц А.В. Микробиология железа и марганца. С.-Петербург.: Изд-во С.-Петербург. ун-та. 2015. 373 с.
3. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: «Издательский центр "Академия"». 2003. 396 с.
4. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. М.: «Книжный дом "ЛИБРОКОМ"». 2009. 330 с.
5. Заварзин Г.А. Эволюция прокариотной биосферы. Микробы в круговороте жизни: 120 лет спустя: Чтения имени С.Н. Виноградского. М.: «МАКС Пресс». 2011. 142 с.
6. Степанов А.Л. Микробная трансформация парниковых газов в почвах. М.: «ГЕОС». 2011. 190 с.

7. Куликов Н. И., Ножевникова А.Н., Зубов Г.М. и др. Очистка муниципальных сточных вод с повторным использованием воды и обработанных осадков. М.: «Логос». 2014. 396 с.
8. Троценко Ю.А., Доронина Н.В., Торгонская М.Л. Аэробные метиловобактерии. Пушкино: «ОНТИ ПНЦ РАН». 2010. 325 с.
9. Троценко Ю.А., Хмеленина В.Н. Экстремофильные метанотрофы. Пушкино: «ОНТИ ПНЦ РАН». 2008. 204 с.
10. Адамов Э.В., Панин В.В. Биотехнология металлов: Курс лекций для студентов. М.: Учеба. 2003. 146 с.
11. Микробные сообщества в эволюции биосферы с древнейших времен до наших дней (сборник). Научный совет по проблемам палеобиологии и эволюции органического мира. М.: ПИН РАН. 2017. 191 с.
12. Галимов Э.М. Природа биологического фракционирования изотопов. М.: Наука. 1981. 247 с.
13. Труды Института биологии: Вып. 124. Геомикробиология поиска и разработки нефтяных месторождений : Сб. статей - Свердловск, 1979. 157с.
14. Geomicrobiology: Interactions between microbes and minerals (Ed.by J.F.Banfield, K.H.Nealson). Washington, 1997. 448 с.
15. Прикладная экобиотехнология (А. Е. Кузнецов и др.) : учеб. пособие для студентов: в 2 т.: Т. 1. М.: БИНОМ. Лаб. знаний. 2012. 629 с.
16. Прикладная экобиотехнология (А. Е. Кузнецов и др.) : учеб. пособие для студентов: в 2 т.: Т. 2. М.: БИНОМ. Лаб. знаний. 2019. 485 с.

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
- Описание материально-технической базы
 1. Помещения – аудитория, рассчитанная на группу из 10-15 учащихся.
 2. Оборудование - мультимедийный проектор, компьютер, экран, выход в Интернет.
 3. Расходные материалы – бумага, картриджи для принтера.

10. Язык преподавания:

Русский

11. Преподаватели:

1. Костина Наталья Викторовна
доцент кафедры биологии почв,
к.б.н. (1995, К.053.05.86, МГУ)

12. Разработчики программы:

1. Умаров Марат Мутагарович
профессор кафедры биологии почв,

д.б.н. (1983, Д.053.05.33, МГУ),
профессор (1988);
2. Костина Наталья Викторовна
доцент кафедры биологии почв,
к.б.н. (1995, К.053.05.86, МГУ)

13. Краткая аннотация дисциплины:

Курс знакомит студентов с основными аспектами геохимической деятельности микроорганизмов в зоне гипергенеза. В ходе чтения курса освещается специфика глобальных круговоротов основных химических элементов и дается представление об участии микроорганизмов в трансформации наиболее распространенных в Земной коре химических элементов. Курс знакомит с современными представлениями о геохимических функциях и значимости различных экофизиологических групп прокариот и эукариот в биосфере. В рамках этого курса подробно рассматривается участие микроорганизмов в преобразовании минералов, а также их роль в почвообразовании (в том числе, первичном почвообразовании) и поддержании плодородия почв. В рамках курса рассматривается роль микроорганизмов в формировании и поддержании состава атмосферы Земли, даются сведения о деятельности микроорганизмов в водоемах. Дается представление о роли микроорганизмов в образовании и разрушении каустобиолитов и керогенов, а также о способах биоремедиации почв. Приводятся примеры использования микроорганизмов в современных биогеотехнологиях.