

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан географического факультета,
академик РАН Добролюбов С.А.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Биогеохимия

Уровень высшего образования:
бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.06 Экология и природопользование

Направленность (профиль) ОПОП:
Геохимия окружающей среды

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией географического факультета
(протокол №18 от 22.11.2022)

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Экология и природопользование» (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемым последовательно по схеме интегрированной подготовки).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от 30 декабря 2020 года (протокол № 1368).

Год приема на обучение: 2021

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована без разрешения факультета.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП — относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения.
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по дисциплинам: География почв с основами почвоведения, География почв России, Геохимия ландшафта, Геохимия природных и техногенных ландшафтов, Геохимия природных вод, Физическая география России, Экологический мониторинг, Биология
3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
СПК-1.Б (формируется частично): владеет базовыми знаниями в области геохимии окружающей среды, методами полевых и лабораторных исследований, умеет проводить на практике ландшафтно-геохимические, почвенные и инженерно-экологические исследования.	Владение биогеохимическими методами изучения окружающей среды.	<p>Знать: современные теоретические основы и принципы биогеохимии; проявления геохимических функций живых организмов в биосфере, биогеохимическую специализацию живых организмов; основы методологии биогеохимических исследований; особенности биогеохимической организации ландшафтов на разных иерархических уровнях; специфику глобальных круговоротов разных химических элементов и роль живых организмов в них, их трансформацию на современном этапе как причину локальных, региональных и глобальных экологических проблем.</p> <p>Уметь: ориентироваться в современной научной биогеохимической литературе, критически анализировать имеющиеся в ней сведения; выбирать цель самостоятельного научного исследования и определять его задачи; применить биогеохимические данные для анализа состояния окружающей среды.</p> <p>Владеть: теоретическими представлениями в области биогеохимии и методологическими подходами к применению биогеохимических данных в геоэкологических исследованиях.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) 2 з.е., в том числе 36 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.
5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>					Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка презентации	Всего	
Тема 1. Введение. Методология биогеохимии	4	2	2			4				
Тема 2. Микробная биогеохимия.	6	2	2			4	2		2	
Тема 3. Биогеохимическая специализация организмов.	12	2	6			8	4		4	
Тема 4. Биогеохимия природных ландшафтов.	8	2	2			4	4		4	
Тема 5. Биологический круговорот элементов.	16	2	2			4	8	4	12	
Текущая аттестация 1: доклады с презентацией	2		2			2				
Тема 6. Глобальные биогеохимические циклы элементов.	16	2	4			6	6	4	10	
Текущая аттестация 2: доклады с презентацией	4		4			4				
Промежуточная аттестация - зачет	4	<i>Устный зачет</i>						4		
Итого	72	36						36		

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Тема 1. Введение. Методология биогеохимии.

Предмет, цели и задачи биогеохимии. Основные направления биогеохимических исследований. Геохимические функции организмов в биосфере. Биогеохимические законы и принципы. Факторы и механизмы самоорганизации ландшафта. Определяющая роль биогенеза в формировании биогеохимической структуры ландшафта. Биологическая роль химических элементов. Эссенциальные и полезные элементы. Внутренние и внешние факторы формирования химического состава растений. Основные механизмы толерантности к повышенному содержанию химических элементов у высших растений.

Тема 2. Микробная биогеохимия.

Предмет, цели и задачи микробной биогеохимии. Филогенетическое и физиологическое разнообразие микроорганизмов. Требования микроорганизмов к среде обитания. Представление о микробном сообществе. Общая схема трофических отношений в микробном сообществе. Роль микроорганизмов в развитии биосферы. Вклад микроорганизмов в автотрофный и гетеротрофный биогенез. Геохимические проявления деятельности микроорганизмов в наземных и водных экосистемах. Методы исследования в микробной биогеохимии.

Тема 3. Биогеохимическая специализация организмов.

Биогеохимическая специализация лишайников, мхов, деревьев и кустарников, травянистых растений, грибов. Биогеохимия животных. Представление о пищевых сетях наземных сообществ. Методы биогеохимических исследований. Использование биогеохимических данных в биоиндикационных исследованиях.

Тема 4. Биогеохимия природных ландшафтов.

Биогеохимическая структура элементарного ландшафта. Дифференцирующая и интегрирующая роль биогеохимических процессов в функционировании ландшафтов. Последовательность изучения биогеохимической структуры ландшафтов. Экстенсивные и интенсивные параметры биогенной миграции.

Биогеохимическая неоднородность ландшафтов: биогеохимическая радиальная и латеральная неоднородность элементарных ландшафтов, катен и определяющие их факторы. Региональные и зональные различия автотрофного и гетеротрофного биогенеза, фракционной структуры фитомассы, детритогенеза.

Тема 5. Биологический круговорот элементов.

Биологический круговорот элементов как система универсальных обменных макропроцессов. Основные звенья биологического круговорота: потребление элементов корнями и формирование первичной продукции, транслокация элементов из корней в надземные органы, вымывание элементов осадками или перехват кронами, ретранслокация, выделение экссудатов корнями, возврат элементов в подстилку и почву, закрепление элементов в истинном приросте, освобождение элементов при минерализации подстилки и подземной мортмассы. Методологические подходы к изучению биологического круговорота. Основные факторы, управляющие интенсивностью обменных процессов биологического круговорота элементов. Биологический круговорот макроэлементов на пяти континентах.

Тема 6. Глобальные биогеохимические циклы элементов.

Представление о системе взаимосвязанных биогеохимических круговоротов элементов как основе функционирования биосферы.

Глобальные биогеохимические циклы дегазированных элементов. Роль живых организмов в процессах окисления и восстановления соединений углерода, азота и серы в биосфере. Биологические круговороты углерода, азота и серы. Схемы глобальных биогеохимических круговоротов углерода, азота, серы и хлора. Резервуары и глобальные потоки масс элементов в биосфере. Концепция педолитосферы, ее роль в континентальных циклах углерода. Изменение величин резервуаров и глобальных потоков элементов в индустриальную эру и связанные с ним локальные, глобальные и региональные экологические проблемы. Общие черты циклов и распределение масс дегазированных элементов в биосфере.

Глобальные биогеохимические циклы выщелоченных элементов. Резервуары и глобальные потоки масс кремния, кальция и фосфора в биосфере. Глобальная биогеохимическая роль живых организмов в мобилизации кремния, кальция и фосфора из земной коры и их накоплении в составе осадочных пород. Общие черты циклов и распределение масс выщелоченных элементов в биосфере.

План проведения семинаров

Содержание семинаров

Тема 1. Методология биогеохимии

Обсуждение следующих блоков темы.

1. Внутренние факторы формирования химического состава растений
2. Внешние факторы формирования химического состава растений

Тема 2. Микробная биогеохимия

Обсуждение блока темы «*Геохимические проявления деятельности микроорганизмов в наземных и водных экосистемах*»

Тема 3. Биогеохимическая специализация организмов

Обсуждение следующих блоков темы.

1. Биогеохимия лишайников, мхов. Использование мхов и лишайников в мониторинге окружающей среды.
2. Биогеохимия травянистых растений.
3. Пищевые цепи в наземных сообществах. Биогеохимия животных. Использование животных в биомониторинге.

Тема 4. Биогеохимия природных ландшафтов

Обсуждение следующих блоков темы.

1. Последовательность изучения биогеохимической структуры ландшафта.
2. Биогеохимическая радиальная и латеральная неоднородность элементарных ландшафтов и определяющие ее факторы.

Тема 5. Биологический круговорот элементов

Обсуждение блока темы «*Основные звенья биологического круговорота в наземных экосистемах*».

Тема 6. Глобальные биогеохимические циклы элементов

Обсуждение следующих блоков темы.

1. Представление о системе взаимосвязанных биогеохимических круговоротов элементов как основе функционирования биосферы.
2. Общие черты циклов и распределение масс выщелоченных и дегазированных элементов в биосфере.

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

Текущий контроль усвоения теоретического материала проводится в форме коротких устных опросов по завершении каждой темы лекционного и семинарского занятия, с выставлением промежуточных оценок.

Текущая аттестация 1 проводится в конце освоения темы 5 «Биологический круговорот элементов» в форме докладов с презентацией.

Текущая аттестация 2 проводится в конце освоения темы 6 «Глобальные биогеохимические циклы элементов» в форме докладов с презентацией.

Примерный перечень вопросов для устного опроса

1. Сформулируйте основные биогеохимические законы.
2. Перечислите геохимические функции организмов в биосфере (по В.И. Вернадскому)
3. Что такое обобщенное стандартное растение?
4. Какие элементы в составе живого вещества относятся к макро- и микроэлементам?
5. Назовите основные механизмы толерантности к металлам у высших растений.
6. Какие растения называют биогеохимическими индикаторами?
7. Перечислите внутренние факторы формирования химического состава растений.
8. Что такое филогенетическая специализация организмов, какие биогеохимические показатели ее характеризуют?
9. Что такое онтогенетическая специализация организмов?
10. Что такое физиологические барьеры поглощения у растений (по А.Л. Ковалевскому)?
11. Перечислите внешние факторы формирования химического состава растений.
12. Каковы факторы, определяющие разнообразие микробных сообществ?
13. Перечислите группы микроорганизмов по отношению к температуре, содержанию водорастворимых солей, кислорода и щелочно-кислотным условиям.
14. Перечислите типы питания микроорганизмов. Какой тип питания осуществляют высшие растения? Человек?
15. Какие микроорганизмы являются основными продуцентами в Мировом океане?
16. В каких почвенных процессах участвуют грибы?
17. Что такое хемосинтез? Перечислите основные группы микроорганизмов, осуществляющих хемосинтез. Где они обитают и в каких условиях?

18. Какие микроорганизмы активно участвуют в деструкции органического вещества в водной толще? В почве?
19. Превращения каких элементов осуществляют в процессе жизнедеятельности гетеротрофные микроорганизмы в озерах?
20. Перечислите геохимические проявления деятельности аэробных углеводородоокисляющих микроорганизмов, обитающих в подземных водах.
21. Каковы морфо-физиологические особенности и биогеохимическая специализация лишайников? Мхов?
22. Каковы морфо-физиологические особенности и биогеохимическая специализация грибов? Полезны ли грибы-микоризообразователи для растений-хозяев?
23. Каковы морфо-физиологические особенности деревьев, кустарников и кустарничков? Как они влияют на биогеохимическую структуру элементарных ландшафтов?
24. Каковы физиологические и биохимические особенности травянистых растений и как они влияют на биогеохимические показатели?
25. Как проявляется филогенетическая специализация у растений?
26. Каковы современные представления о пищевых связях между животными?
27. Перечислите факторы, влияющие на токсичность и уровни накопления поллютантов позвоночными животными; беспозвоночными.
28. Перечислите факторы, определяющие радиальную и латеральную биогеохимическую неоднородность элементарных ландшафтов.
29. Какие факторы обуславливают биогеохимическую неоднородность катен? В каких природных зонах биогеохимическая контрастность катен наибольшая?
30. В изменении каких биогеохимических параметров проявляется биогеохимическая неоднородность ландшафтов на зональном уровне?
31. Перечислите основные звенья биологического круговорота углерода, азота, серы.
32. Перечислите основные процессы в глобальной деятельности живого вещества по отношению к углероду, по отношению к азоту, к сере.
33. Какие процессы имеют определяющее значение для глобального массообмена углерода, азота, серы, хлора?
34. Назовите общие черты циклов и распределение масс дегазированных элементов в биосфере.
35. Перечислите основные процессы в глобальной деятельности живого вещества по отношению к кальцию; по отношению к кремнию; отношению к фосфору.
36. Какие процессы имеют определяющее значение для глобального массообмена кальция? кремния? фосфора?
37. Каковы общие черты циклов и распределение масс выщелоченных элементов в биосфере?

Примерные темы докладов с презентацией к текущей аттестации I по теме 5 «Биологический круговорот элементов» (раздел Биологический круговорот макроэлементов на пяти континентах (по книге Базилевич Н.И., Титляновой А.А. «Биокруговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах»)

1. Введение: материалы, положенные в основу книги. Количественные параметры биологического круговорота, их определения. Принятые сокращения. Изученные биомы и положение пробных площадей.

2. Оценка продукции и оборота мелких корней
3. Методы расчета бюджета элементов питания
4. Биологический круговорот элементов как система обменных процессов; 2 группы обменных процессов. Соотношение между запасами фитомассы и мортмассы в субклимаксных экосистемах, удельные скорости процессов. Факторы, управляющие биологическим круговоротом.
5. Потребление элементов питания корнями (вынос их из почвы растением)
6. Транслокация элементов из корней в надземную фитомассу
7. Вымывание элементов питания из листьев и стволов деревьев, побегов и листвы травянистых растений
8. Ретранслокация элементов из отмирающих тканей в живые
9. Выделение экссудатов корнями в почву
10. Возврат элементов питания в подстилку
11. Закрепление элементов в чистом приросте
12. Минерализация органического вещества
13. Освобождение элементов питания из подстилок
14. Заключение

Примерные темы докладов к текущей аттестации 2 по теме 6 «Глобальные биогеохимические циклы элементов»

(раздел Концепция педолитосферы, ее роль в континентальных циклах углерода (по книге М.А. Глазовской «Педолитогенез и континентальные циклы углерода»)

1. Определение понятий «педолитогенез», «генерации педолитогенеза», «педолитоформации», «педолитосфера». Модели глобального цикла углерода и их недостатки.
2. Понятие о педосфере, функции педосферы в отношении углерода
3. Органо-минеральные соединения и комплексы в почвах
4. Биотические факторы и механизмы поступления органических веществ в почвы и образование гумуса
5. Абиотические факторы и механизмы поступления гумуса в глубокие горизонты почв и в почвообразующие породы
6. Запасы органического углерода и углерода карбонатов в почвах
7. Понятие о лабильном и стабильном гумусе. Глубокие горизонты почв как зона стабилизации гумуса и выведения связанного с ним углерода из биологического круговорота
8. Педогенный углерод в макроденудационно-седиментационных процессах в системе горы-подгорные равнины
9. Среднеазиатская педолитогеохимическая арена мобилизации, транслокации и фоссилизации педогенных углеродистых соединений
10. Синседиментационный криоаридный педолитогенез на высокогорных равнинах Внутреннего Тянь-Шаня
11. Стабильный гумус в вулканических пирокластических покровах и в почвах Восточной Камчатки

12. Органический углерод в пролювиально-аллювиальных отложениях Восточной Камчатки
13. Пространственно-временные закономерности накопления педогенного углерода в почвах и почвенно-пирокластических покровах вулканического Тихоокеанского пояса
14. Понятие о педолитах. Типы педолитоседиментов. Плейстоцен-голоценовые педолитоформации Восточно-Европейской равнины и Западной Сибири как резервуары стока и накопления стабильного гумуса
15. Накопление стабильного гумуса в плейстоценовых педолитоформациях лессовых предгорий Западного Тянь-Шаня и голоценовых педолитокластических покровах Восточной Камчатки
16. Заключение. Педолитосфера и ее роль в континентальных циклах углерода.

Зачёт проводится в устной форме. При отсутствии у обучающегося отчёта по одной или двум текущим аттестациям студенту предоставляется возможность на зачёте выполнить весь объём учебной работы до ответа на вопрос в пределах нормативного времени, отведенного на приём зачёта (до 30 минут на одного обучающегося). При невыполнении указанного условия учебный план считается невыполненным, обучающемуся выставляется оценка «незачёт».

Примерный перечень вопросов для зачета

1. Геохимические функции живого вещества в биосфере
2. Биогеохимические законы и принципы
3. Основной закон самоорганизации ландшафта, факторы и механизмы самоорганизации ландшафта
4. Роль микроорганизмов в развитии биосферы
5. Филогенетическое и физиологическое разнообразие микроорганизмов
6. Представление о микробном сообществе. Общая схема трофических связей в микробном сообществе.
7. Вклад микроорганизмов в автотрофный и гетеротрофный биогенез
8. Геохимические проявления деятельности микроорганизмов в наземных и водных экосистемах
9. Углеродная функция микроорганизмов и проблема происхождения углеводов
10. Факторы формирования химического состава растений (по А.Л. Ковалевскому)
11. Адаптация растений к содержанию элементов в почве (по А.Л. Ковалевскому, В.В. Ковальскому и Р. Баргальи).
12. Основные механизмы толерантности к повышенному содержанию элементов у высших растений
13. Биологическая роль химических элементов и онтогенетическая специализация растений
14. Филогенетическая специализация растений разных систематических групп
15. Биогеохимическая специализация мхов, лишайников и грибов
16. Биогеохимическая специализация деревьев, кустарников и кустарничков
17. Биогеохимическая специализация травянистых растений
18. Представление о пищевых цепях наземных сообществ

19. Биогеохимическая специализация животных разных систематических групп
20. Биогеохимическая структура элементарного ландшафта и последовательность ее изучения
21. Биогеохимическая радиальная и латеральная неоднородность элементарных ландшафтов, катен и определяющие их факторы
22. Региональные и зональные различия автотрофного и гетеротрофного биогенеза, фракционной структуры фитомассы и детритогенеза
23. Основные звенья биологического круговорота макроэлементов (по Н.И. Базилевич, А.А. Титляновой)
24. Общая схема биологического круговорота углерода
25. Биосинтез: основные группы фотосинтезирующих и хемосинтезирующих организмов
26. Роль живых организмов в деструкции органического вещества. Сапрофильный комплекс почвенных организмов.
27. Роль микроорганизмов в восстановлении и окислении соединений углерода в биосфере: образовании и окислении метана, окислении оксида углерода
28. Резервуары и глобальные потоки углерода в биосфере в доиндустриальную эру
29. Резервуары и глобальные потоки углерода в биосфере в индустриальную эру, глобальные экологические проблемы, связанные с трансформацией величин резервуаров и глобальных потоков углерода в биосфере
30. Общая схема биологического круговорота азота
31. Роль микроорганизмов в окислении и восстановлении соединений азота – процессах азотфиксации, аммонификации и денитрификации
32. Биологическая фиксация азота. Группы микроорганизмов-азотфиксаторов
33. Резервуары и глобальные потоки азота в биосфере
34. Антропогенные изменения глобальных потоков азота в биосфере и связанные с ними экологические проблемы
35. Общая схема биологического круговорота серы в биосфере
36. Роль микроорганизмов в окислении и восстановлении соединений серы в биосфере
37. Диссимиляционная сульфат-редукция, геохимические проявления жизнедеятельности сульфатредуцирующих микроорганизмов в биосфере
38. Основные группы микроорганизмов, окисляющих восстановленные соединения серы, геохимические проявления их деятельности в биосфере
39. Резервуары и глобальные потоки серы в биосфере
40. Экологические проблемы, связанные с трансформацией глобальных потоков серы в биосфере
41. Резервуары и глобальные потоки хлора в биосфере и их изменение в индустриальную эру
42. Глобальные и региональные экологические проблемы, связанные с трансформацией глобального бюджета хлора в стратосфере и атмосфере
43. Хлорорганические соединения в биосфере, экологические последствия их поступления в биосферу
43. Резервуары и глобальные потоки кремния в биосфере
44. Глобальная биогеохимическая роль живых организмов в мобилизации кремния из земной коры и накоплении его в составе осадочных пород

45. Резервуары и глобальные потоки кальция в биосфере
 46. Глобальная биогеохимическая роль живых организмов в мобилизации кальция из земной коры и накоплении его в составе осадочных пород
 47. Резервуары и глобальные потоки фосфора в биосфере, роль живых организмов в мобилизации фосфора на суше.
 48. Взаимосвязь биогеохимических круговоротов элементов в биосфере

Шкала и критерии оценивания

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания (виды оценочных средств: устный опрос, доклад с презентацией)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (виды оценочных средств: устный опрос, доклад с презентацией)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: устный опрос, доклад с презентацией)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

8. Ресурсное обеспечение:

Основная литература

1. Авессаломова И.А. Биогеохимия ландшафтов. М: Изд-во Географического ф-та МГУ, 2007. – 162 с.
2. Базилевич Н.И., Титлянова А.А. Биологический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. М. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 2006.
3. Баргальи Р. Биогеохимия наземных растений. М: ГЕОС, 2005. – 457 с.
4. Глазовская М.А. Педолитогенез и континентальные циклы углерода. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 336 с.
5. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.
6. Савенко В.С., Савенко А.В. Геохимия фосфора в глобальном гидрологическом цикле. М.: ГЕОС, 2007. – 248 с.

Дополнительная литература:

1. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М: Наука, 2001. – 376 с.
2. Глазовская М.А., Добровольская Н.Г. Геохимические функции микроорганизмов. М: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 152 с.
3. Башкин В.Н., Касимов Н.С. Биогеохимия. М.: Научный мир, 2004. – 648 с.
4. Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. М.: Наука, 2003. – 348 с.
5. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М: Мир, 1989. – 439 с.
6. Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф. Моделирование глобального круговорота углерода. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 336 с.
7. Оборин А.А., Рубинштейн Л.М., Хмурчик В.Т., Чурилова Н.С. Концепция организованности подземной биосферы. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2004. – 147 с.
8. Пулы и потоки углерода в наземных экосистемах России / Отв. ред. Г.А. Заварзин. М.: Наука, 2007. – 315 с.
9. Global biogeochemical cycles in the climate system / Ed. E.-D. Schulze, M. Heimann et al. San Diego etc.: Acad. Press, 2001. – 350 p.
10. Schlesinger W. H. An analysis of global change. San Diego etc.: Acad. Press, 1997. – 588 p.

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

- поисковая система научной информации www.scopus.com

- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

Описание материально-технической базы

Учебная аудитория с мультимедийным проектором

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Дорохова Марина Феликсовна. Преподаватель семинарских занятий: Дорохова Марина Феликсовна

11. Разработчики программы: Дорохова Марина Феликсовна, старший научный сотрудник кафедры геохимии ландшафтов и географии почв.