

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Д.А. Таюрский

"\_\_\_" 20\_\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Биогеохимия

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: Органическая химия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

## **Содержание**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Кутырева М.П. (Кафедра неорганической химии, Химический институт им. А.М. Бутлерова), Marianna.Kutyreva@kpfu.ru ; профессор, д.н. (профессор) Улахович Н.А. (Кафедра неорганической химии, Химический институт им. А.М. Бутлерова), Nikolay.Ulakhovich@kpfu.ru

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3	Способен применять основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

базовые концепции биогеохимии и природу биогеохимических циклов.

Должен уметь:

самостоятельно определять формы нахождения химических элементов в земной коре и живом веществе.

Должен владеть:

навыками оценки жизнедеятельности организмов в качестве приоритетного фактора миграции и распределения химических элементов на Земле.

Должен демонстрировать способность и готовность:

Владеть основами теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической химии)

Способность применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 04.03.01 "Химия (Органическая химия)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 3 курсе в 5 семестре.

## **3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 36 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 5 семестре.

## **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

### **4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Исторические и методологические предпосылки возникновения биогеохимии как науки. Связь биогеохимии с					

другими науками. Задачи биогеохимии

5	1	0	0	2
---	---	---	---	---

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Базовые концепции биогеохимии. Концепция живого вещества. Концепция биосфера. Биокосные системы. Концепция биогеохимических циклов	5	1	0	0	2
3.	Тема 3. Геохимические аспекты учения о биосфере. Учение В.И.Вернадского о биосфере как о структурной оболочке планеты Земля. Понятие о биогеоценозе.	5	2	0	0	2
4.	Тема 4. Эволюционная биогеохимия. Эволюция литосферы. Эволюция атмосферы. Эволюция гидросферы. Биогеохимические концепции возникновения жизни.	5	2	0	0	2
5.	Тема 5. Распределение химических элементов в земной коре. Состав литосферы. Кларки и кларки концентрации. Почва и развитие биосферы.	5	2	0	0	2
6.	Тема 6. Формы нахождения химических элементов. Минералы. Рассеянные элементы. Изоморфизм. Аксессорные минералы.	5	2	0	0	2
7.	Тема 7. Геохимические классификации элементов. Классификация В.М.Гольдшмидта.	5	2	0	0	2
8.	Тема 8. Состав живого вещества. Биогеохимические функции живого вещества. Газовые. Концентрационные. Окислительно-восстановительные. Биохимические.	5	1	0	0	2
9.	Тема 9. Влияние геохимической среды на развитие и химический состав растений.	5	1	0	0	2
10.	Тема 10. Миграция веществ. Механическая миграция. Физико-химическая миграция. Биогенная миграция. Техногенная миграция.	5	2	0	0	2
11.	Тема 11. Геохимическая миграционная классификация. Биологический круговорот химических элементов. Интенсивность биологического поглощения.	5	2	0	0	2
12.	Тема 12. Биогеохимические циклы важнейших химических элементов.	5	4	0	0	2
13.	Тема 13. Биогеохимический цикл углерода.	5	2	0	0	2
14.	Тема 14. Биогеохимические циклы кислорода и водорода .	5	2	0	0	2
15.	Тема 15. Биогеохимический цикл азота.	5	2	0	0	2

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
16.	Тема 16. Биогеохимический цикл фосфора.	5	2	0	0	2
17.	Тема 17. Биогеохимические циклы серы, натрия и хлора.	5	2	0	0	2
18.	Тема 18. Биогеохимические циклы тяжелых металлов (ртуть, свинец, цинк, медь, кадмий)	5	4	0	0	2
	Итого		36	0	0	36

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Исторические и методологические предпосылки возникновения биогеохимии как науки. Связь биогеохимии с другими науками. Задачи биогеохимии

Методологическая основа биогеохимии. Принципы В.И.Вернадского. Определение биогеохимии по Вернадскому. Междисциплинарный характер биогеохии. Биогеохимия рассматривает биосферу как единую систему живого вещества и минеральных соединений. Изучает химический обмен в системе человек-организмы-окружающая среда, химический состав живых организмов. В задачи дисциплины входит также рассмотрение биогеохимических циклов миграции химических элементов. Продолжение рассмотрения этапов развития биогеохимии. Геохимические исследования в США. Работы Ф.Кларка, который определил содержания 10 основных химических элементов в геологических породах и природных водах. Среднее содержание химических элементов в земной коре. Термин ?кларк? (А.Е.Ферсман). Исследование глобального распределения и миграции химических элементов в университете г.Осло (Норвегия). Создание геохимической классификации (В.М.Гольдшмидт). Первый закон кристаллохимии и правило изоморфизма (В.М.Гольдшмидт).

Минералогические исследования В.И.Вернадского в Московском университете. "Эмпирические изоморфные ряды Вернадского". Генетический подход в минералогии. Основные работы В.И.Вернадского: "Биосфера" (1926 г.), "Очерки геохимии" (1927 г.), "Биогеохимические очерки" (1940 г.).

Применение принципов биогеохимии в микробиологии и геологии. "Бактериальная биогеохимия". Разработка биогеохимических методов поиска полезных ископаемых. Биогеохимические аномалии. Связь биогеохимии с другими науками. Биогеохимия - приоритетная научная дисциплина, объединяющая биологию, геологию и химию по пределению, а математику и физику по используемым методам.

Эволюционная биогеохимия. Анализ происхождения и эволюции биогеохимических циклов в течение геологической истории Земли. Первые признаки жизни на планете (3.5 - 3.8 миллиардов лет назад). Влияние живых организмов на изменение химического состава протобиотической Земли. Образованиеprotoатмосферы и протогидросферы.

##### Тема 2. Базовые концепции биогеохимии. Концепция живого вещества. Концепция биосферы.

##### Биокосные системы. Концепция биогеохимических циклов

###### 1.1. Концепция живого вещества

Живые организмы поглощают селективно химические элементы в соответствии со своими физиологическими потребностями. Среди этих элементов можно выделить углерод, водород, кислород, азот, фосфор, калий, серу, кремний, кальций, магний и железо, которые необходимы организмам в наибольшей степени для построения структурных органов, роста и размножения. Эти элементы также составляют основу химического состава океана, атмосферы и горных пород. Их поглощение живыми организмами приводит к биогенной трансформации земных оболочек и дифференциации элементов в окружающей среде. Более того, выделяемые в атмосферу газообразные метаболиты постепенно изменяют газовый состав атмосферы и появление в ней кислорода является самым характерным примером. Жидкие метаболиты и продукты распада вовлекаются в кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные процессы в природных водах, которые просачиваются через почвы и подстилающие геологические породы и трансформируют их минералогический и химический состав. Далее происходит изменение химического состава воды в морях и океанах. В конечном итоге это оказывается на формировании осадочных пород. Биогеохимические циклы и живое вещество играли особенно заметную роль в формировании биогенных горючих ископаемых.

###### 1.2. Концепция биосферы

Термин биосфера был впервые предложен в конце XIX века австрийским ученым Э.Зюссом (1831-1914), который определил биосферу как внешнюю оболочку Земли, населенную живыми организмами. Живое вещество включает в себя все разнообразие живой материи и различных форм жизни, а косное ? материю твердой, жидкой и газовой фаз. Примеры образующихся биокосных тел ? почва, морская, речная и озерная вода, нефть, битумы. Следовательно, биосфера ? это единение живой материи и внешней части земного шара. Живое вещество невозможно без биосферы также, как понятие биосфера бессмысленно без понятия живой материи. Биосфера включает в себя слои тропосферы, гидросферы и литосферы суммарной мощностью около 40 км.

### 1.3. Биокосные системы

Эти системы , образованные живыми организмами и средой их обитания, включают в себя обмен химическими элементами между живыми организмами и окружающей их средой. Термин ?биокосные системы? был предложен В.И.Вернадским в 1944 г. Обмен химическими элементами в биокосных системах .ответственен за биогеохимическую организованность биосферы. В.И.Вернадский обозначил процессы, являющиеся по сути геохимическими (например, природная геохимическая миграция элементов), но находящиеся под воздействием двух мощных факторов (геологическим и биологическим воздействием), как биогеохимические процессы. Таким образом, предмет биогеохимии связан с изучением биогеохимических процессов.

### 1.4. Биогеохимические циклы

Биогеохимические циклы представляют собой уникальное свойство биосферы. Это связано с тем, что процессы биологического обмена являются циклическими по своему характеру. Динамический обмен массами химических элементов поддерживает химический состав как живых организмов, так и основных слагаемых биосферы: геологических пород, почв и воздуха. Универсальность биогеохимических циклов основана на универсальности природы в целом. Таким образом, пространственные и временные циклы массообмена структурируют биосферу. Среди основных биогеохимических принципов В.И.Вернадского находится и положение об обратимости и необратимости биогеохимических циклов. Он считал, что история большинства химических элементов, составляющих 99.7% массы биосферы, определяется в рамках концепции биогеохимических циклов. Эти циклы не являются полностью обратимыми. Неполная обратимость биогеохимических циклов различных элементов и их незамкнутость отражает геохимическую неоднородность Земли и пределы адаптации живых организмов к варьированию содержания элементов.

## Тема 3. Геохимические аспекты учения о биосфере. Учение В.И.Вернадского о биосфере как о структурной оболочке планеты Земля. Понятие о биогеоценозе.

Современная модель строения Земли: земная кора, верхняя мантия, транзитная зона, нижняя мантия, жидкое внутреннее ядро, вторая транзитная зона, твердое внутреннее ядро. Линия Мохоровичча (Мохо). Поверхность Конрада. Земная кора и верхняя часть верхней мантии представляют собой литосферу. Слой ниже литосферы (80-100 км) называется астеносферой.

К основным компонентам биосферы по В.И. Вернадскому относятся живое вещество; биогенное вещество (органо-минеральные и органические продукты, созданные живым веществом: каменный уголь, торф, лесная подстилка, гумус); биокосное вещество (минеральные вещества, образующиеся в результате взаимодействия живых организмов с неживой природой: почвы, илы, коры выветривания); неживое вещество; радиоактивное вещество; рассеянные атомы; вещество космического происхождения. При этом в современном понимании под компонентами биосферы понимают: 1. потоки космической энергии, электромагнитные и гравитационные поля, космическое вещество, поступающее на Землю; 2. биомасса живой растительности, способной путем фотосинтеза и роста фиксировать и преобразовывать космическую энергию в химическую потенциальную и хранить её в виде органических соединений; 3. почвенный покров, обеспечивающий существование растений (механическая опора, корнеобитание, водное, углекислотное, азотное, минеральное питание, тепловой режим, накопление запасов энергии в виде детрита и гумуса); 4. биомасса живущих на почве и в почве консументов и редуцентов (животных, простейших микроорганизмов), потребляющих фитомассу и доводящих её до полной минерализации; 5. гидросфера; 6. атмосфера; 7. литосфера.

Биосфера Земли ? открытая, сложная, многокомпонентная, саморегулирующаяся, связанная с космосом система живого вещества и минеральных соединений, образующая внешнюю оболочку планеты. Живое вещество за время своего существования глубоко изменило первоначальную природу планеты, биологизировало её.

? В стратосфере возник озоновый экран, защищающий живые существа от гибельного воздействия у/ф лучей и других космических излучений.

? Выетривание и почвообразование создали рыхлые горизонты, благоприятные для существования растений и экологические ниши для животных. Живое вещество, создав почвенный покров, преодолело ограниченность ресурсов азотно-углеродного, водного, воздушного, минерального питания.

? Фотосинтез растений явился механизмом накопления активной биохимической энергии в массах органического вещества в форме гумуса, испаряемых горючих, гарантирующих удовлетворение запросов организмов на случай стрессовых условий и неблагоприятных периодов.

? Неосинтез высокодисперсных минералов обеспечил в почвах физико-химическую поглотительную способность, тем самым закрепляя соединения N, H, Ca, K.

Живое вещество, биосфера развивалась на Земле по принципу самоуправляемого расширенного воспроизведения.

В девоне (350 млн. лет назад) существовало около 12 тыс. растений,  
в карбоне (280 млн. лет назад) -27 тыс.,  
в юре (150 млн. лет назад) ? 60 тыс.

Современная флора насчитывает около 300 тыс. видов.

Биогеоценоз и экосистема . Биогеоценоз - взаимообусловленный комплекс живых и косных компонентов, связанных между собой обменом вещества и энергии. Биогеоценоз - это элементарная структурная единица биосфера. В настоящее время термины "биогеоценоз" и "экосистема" часто рассматриваются как синонимы. Но понятие "биогеоценоз" имеет определенные территориальные границы. Понятие "экосистема" - безразмерное и может включать пространство любой протяженности , от капли воды с живущими в ней микроорганизмами до всей биосферы в целом. Т. обр., понятие "биогеоценоз" по отношению к понятию "экосистема" - более частное.

#### **Тема 4. Эволюционная биогеохимия. Эволюция литосферы. Эволюция атмосферы. Эволюция гидросферы. Биогеохимические концепции возникновения жизни.**

Эволюционная биогеохимия имеет дело с анализом происхождения и эволюции биогеохимических циклов в течение геологической истории Земли. Подобный анализ в конечном итоге должен быть направлен на рассмотрение происхождения живых организмов, активность которых определяется круговоротом большинства химических элементов. Этапы развития планеты Земля. Эволюция литосферы: объемproto-Земли образовался в результате ранних стадий конденсации солнечной небулы. В результате произошло подразделение Земли на затвердевшие слои железа, расположенные над мантией из силикатов магния. В конце остывания образовавшийся конденсат содержал железо и его сульфиды, гидратированные силикаты магния и некоторые летучие вещества. Из солнечного газа конденсировалось три вида пыли , оксиды, металлические никель и железо, силикаты магния. При остывании железо реагировало с сероводородом и водой, бразу сульфид и косид железа (II). Ранее 4 млрд. лет назад интенсивные тектонические процессы и вулканизм мешали образованию значительных континентальных блоков. Послойная структура Земли. Эволюция атмосферы: первичная атмосфера N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub> следовый компонент, O<sub>2</sub> отсутствовал. Постадийное изменение состава атмосферы. Эволюция гидросферы. Согласно данным изотопных исследований формирование первичного океана произошло более 3.3 млрд. лет назад. Первоначально вода появилась у полюсов, где  $T < 100^{\circ}\text{C}$ , объем и глубина первичного океана составляли не более 1/5 от современных величин. Затем появились первые осадочные породы. В составе protoокеана Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> - основные ионы. Для объяснения состава абиотического океана в 1989 г. предложена концепция содового океана. три этапа эволюции гидросферы. биогеохимические концепции происхождения жизни: 1. Идея панспермии (С. Аррениус, более 100 лет назад); 2. Гипотеза "первичного бульона" (биохимик А.И. Опарин 1920 г.); 3. Гипотеза. "глины и жизнь" ( теория Кайрнс -Смита и Б.Б. Полянова, 1980 г); 4. Гипотеза "Пиритовая модель возникновения жизни"; 5.Гипотеза . "Теория тиоэфирного мира".

#### **Тема 5. Распределение химических элементов в земной коре. Состав литосферы. Кларки и кларки концентрации. Почва и развитие биосферы.**

Изучение химического состава горных пород методами весового и объемного химического анализа. Ф. Кларк показал, что в земной коре преобладают восемь химических элементов: кислород, кремний, алюминий, железо, магний, кальций, калий и натрий. Более 92% массы литосферы приходится на долю четырех элементов: кислорода, кремния, железа и магния. Из них больше всего кислорода и кремния. Эти элементы вместе с алюминием образуют самые распространенные в коре соединения (силикаты и алюмосиликаты). Более 90 % земной коры сложено из силикатов алюминия, железа, кальция, магния, калия, натрия, а также оксида кремния. Верхняя мантия преимущественно состоит из тяжелых минералов, обогащенных силикатами железа и магния. Благодаря вкладу спектроскопических методов В. И. Вернадский сформулировал принцип "всюдности" всех химических элементов и в геохимии возникли термины редкие элементы и частота обнаружения. Кларк, кларк концентрации: средние значения относительного содержания химических элементов в земной коре и других глобальных и космических системах известный геохимик А. Е. Ферсман предложил называть кларками в честь ученого, который наметил путь к количественной оценке распространения химических элементов. Кларк определяется как среднее значение относительного содержания химического элемента. Анализ значений кларков позволяет понять многие закономерности распределения химических элементов на Земле, в Солнечной системе и доступной нашим наблюдениям части Вселенной. Кларки химических элементов земной коры различаются более чем на десять математических порядков. Столь существенное количественное различие должно отразиться на качественно неодинаковой роли двух групп элементов в земной коре. Условно элементы делят на две группы в зависимости от их кларков, выраженных в данном случае в процентах: главные (кислород - 48.1, кремний - 39.9, алюминий - 8.0, железо - 3.6, калий - 2.7, кальций - 2.5, натрий - 2.2, магний - 1.2, титан - 0.33, водород - 0.1) и рассеянные, кларки которых составляют менее 0.1 процента. Главные элементы образуют самостоятельные химические соединения (минералы). Вторая группа химических элементов рассеяна в минералах. Особенность распределения рассеянных элементов в земной коре заключается в их способности образовывать скопления (месторождения), в которых содержание элемента в сотни и тысячи раз превышает кларковые количества. Понятие "кларк концентрации".

Почва. Профиль почвенного покрова. Горизонты почв. Их генетическая связь. Минералогический состав почвы. Большинство химических элементов в окисленном состоянии. Гумус: гуминовые и фульвокислоты и их комплексы с металлами. Образуются при микробиологическом разложении растительных остатков. Структурные ячейки гумусовых соединений отличаются для различных почв (например, дерново-подзолистых и чернозема). Ячейки фульвокислот отличаются в меньшей степени. Их молекулы содержат большее число гидрофильных групп, чем гуминовые, и поэтому они лучше растворяются в воде. Это способствует миграции химических элементов в биосфере.

Почва - составная часть биогеоценоза. Находится в динамическом равновесии с другими его компонентами. Почва играет буферную роль в биогеоценозе. Ослабляет воздействие на него внешних факторов. Биогенное накопление химических элементов в верхнем слое. Роль растений в этом процессе (биогеохимический насос). Биогенная аккумуляция и миграция химических элементов в почве. Распределение химических элементов в почвенном профиле определяется соотношением этих двух процессов.

### **Тема 6. Формы нахождения химических элементов. Минералы. Рассеянные элементы. Изоморфизм. Акцессорные минералы.**

Масса наземных животных составляет около 1% от фитомассы. Поэтому состав Формы нахождения химических элементов в земной коре. Минералы: полевые шпаты, слоистые силикаты, кварц, оливины, гранаты, карбонаты. Биогенные минералы. Типы биогенных минералов. Влияние силикатного состава и кристаллического строения земной коры на распределение рассеянных элементов. Концепция Гольдшмидта ("жесткие сферы"): каркас анионов кислорода играет роль своеобразного фильтра, способствующего дифференциации химических элементов по величине их ионов. Кристаллохимическая индивидуальность минералов (сочетание химического состава и кристаллической структуры). Вещества одного и того же состава, но разной структуры являются полиморфными. Изоморфизм: взаимное замещение ионов в кристаллической структуре благодаря близости их радиусов. Рассеянные элементы закономерно концентрируются в определенных минералах. Изоморфизм не единственная форма рассеяния элементов.

### **Тема 7. Геохимические классификации элементов. Классификация В.М.Гольдшмидта.**

Геохимическая классификация химических элементов В.М.Гольдшмидта (1924). Эта классификация проста, удобна и касается важнейших свойств элементов. В рамках этой классификации все элементы разделены на 4 основные группы: Литофильтные элементы. Они образуют горные породы и отличаются сродством к кислороду. Минералы представлены в основном оксидами, гидроксидами, солями кислородных кислот. Халькофильные элементы. Входят в состав сульфидных руд. Образуют соединения с серой. На внешней оболочке 8 или 18 электронов. В природе встречаются в виде сульфидов, селенидов, теллуридов, а также в самородном состоянии. Сидерофильные элементы (?сидерос? в переводе с греческого означает железо). К этой группе относятся элементы, образующие металлическую фазу метеоритов и, вероятно, ядро Земли. По геохимическим свойствам они близки к железу. Некоторые сидерофильные элементы обнаруживают сродство к мышьяку и сере.

Атмофильные элементы. Это элементы земной атмосферы: водород, углерод, кислород, азот, гелий, неон, аргон, ксенон, радон. Внешняя оболочка атомов большинства из них состоит из восьми электронов. В.М.Гольдшмидт выделил также особую группу элементов - биофилов, к которой относятся прежде всего углерод, водород, кислород, фосфор, азот, сера, йод и в меньшей мере - бор, кальций, магний, калий, натрий, марганец, железо, кобальт, медь.

Классификация Гольдшмидта имеет качественный характер и не может быть использована для объяснения многих частных особенностей распространенности и распределения отдельных элементов в земной коре. Однако она оказалась полезной при разработке гипотез первичного расслоения Земли и может служить основой для общей геохимической классификации элементов.

Геохимическая классификация В.И. Вернадского. В.И.Вернадский связал форму кристаллизации, твердость, цвет и другие физические свойства минералов с их химическим составом и условиями образования. Отсюда возник естественный интерес ученого к химии отдельных элементов не только в земной коре, но и в других оболочках Земли. В 1934 году В.И. Вернадский предложил геохимическую классификацию элементов. В своей классификации В.И. Вернадский придавал главное значение явлениям радиоактивности, обратимости или необратимости химических процессов, способности элементов образовывать соединения (минералы), состоящие из нескольких разнородных атомов. В соответствии с этими принципами все элементы периодической системы В.И. Вернадский разделил на шесть групп Наиболее обширна группа циклических элементов, насчитывающая 44 элемента. Эти элементы по массе преобладают в литосфере, из них в основном состоят горные породы, природные воды, минералы. Можно сказать, что группы В.И. Вернадского отражают строение атома и иногда более детально, чем в более ранней классификации В.М. Гольдшмидта (например, группы элементов редких земель, благородных газов). Новым и чрезвычайно важным в этой классификации является то, что в ней впервые учтены радиоактивные свойства элементов, связанные с составом и особенностями неустойчивых ядер. На этом основании была выделена самостоятельная группа сильно радиоактивных элементов. Таким образом, В.И. Вернадский заложил научные основы нового раздела геохимической науки - радиогеохимии.

### **Тема 8. Состав живого вещества. Биогеохимические функции живого вещества. Газовые. Концентрационные. Окислительно-восстановительные. Биохимические.**

Живое вещество представляет собой совокупность всей массы организмов, населяющих нашу планету в тот или иной момент. Живое вещество составляют фитобиомасса (леса ? 1011- 1012 т, травы ? 1010 ? 1011 т), зообиомасса (109 т) и микробиомасса (108 ? 109 т). В составе живых организмов преобладают кислород, углерод, азот. Изучение зольных элементов в организмах имеет важное значение. Определение кларков живого вещества затруднено сильным колебанием концентрации химических элементов в индивидуальных организмах. Содержание меняется в зависимости от систематического положения, среды обитания, стадии организма. Значение кларка элемента в живом веществе суши зависит не только от его концентрации во всех организмах, а сколько от концентрации в тех, которые составляют преобладающую часть массы живого вещества на Земле. Основную часть массы живого вещества планеты образуют высшие растения. Масса живого вещества океана в несколько сотен раз меньше. Масса наземных животных составляет около одного процента от фитомассы. По этой причине состав растительности суши обуславливает состав всего живого вещества Земли. Состав биомассы суши, биомассы гидросфера. Функции микроэлементов в биохимических процессах разнообразны. Важную роль играют поливалентные металлы, входящие в состав ферментов. Благодаря их способности менять валентность они служат переносчиками электронов и участвуют в регулировании таких ответственных процессов, как дыхание, фотосинтез и некоторые другие. Ферменты ? высокоспециализированные белковые молекулы. Они принимают участие в таких важных биохимических процессах, как дыхание, фотосинтез, синтез белков, образование крови, белковый, углеводный и жировой обмены и др. Активирующие свойства многие ферменты приобретают благодаря соединению белка с небелковыми группами. В качестве последних могут присутствовать микроэлементы (часто поливалентные металлы) или сложные органические соединения (коферменты). Известно большое количество металлоферментов. Среди них с цинком ? карбоангидраза, алкогольдегидрогеназа; с марганцем ? аргиназа, фосфортрансферазы, с медью ? тирозиназа, цитохромоксидаза; с железом ? пероксидаза, каталаза и др. Присутствие иона микроэлемента в комплексе с ферментом интенсивно активизирует эти биокатализаторы. Функции микроэлементов в биохимических процессах разнообразны. Важную роль играют поливалентные металлы, входящие в состав ферментов. Благодаря их способности менять валентность они служат переносчиками электронов и участвуют в регулировании таких ответственных процессов, как дыхание, фотосинтез и некоторые другие.

### **Тема 9. Влияние геохимической среды на развитие и химический состав растений.**

Состояние и распределение минерального вещества в фитобиомассе. Классификация минеральных веществ в живом веществе В.И. Вернадского: 1. Макроэлементы. Это элементы, содержание которых в организме выше 10-2 %. К ним относятся кислород, углерод, водород, азот, кальций, фосфор, калий, натрий, магний, сера и хлор. 2. Микроэлементы. Это элементы, содержание которых в организме находится в пределах от 10-3 до 10-5 %. К ним относятся железо, марганец, йод, цинк, кремний, медь, селен, бор, молибден, фтор, хром, кобальт, ванадий, германий. 3. Ультрамакроэлементы. Это элементы, содержание которых в организме ниже 10-5 %. К ним относятся алюминий, никель, олово, литий, свинец, бром, ртуть, мышьяк, кадмий, серебро, золото.

В настоящее время ультрамакроэлементы объединяют с микроэлементами в одну группу. Однако эта классификация отражает только содержание элементов в живых организмах, но не указывает на биологическую роль и физиологическое значение того или иного элемента. Содержание химических элементов в организме человека. Различие в поведении

макро- и микроэлементов в организме. Макроэлементы сконцентрированы, как правило, в одном типе тканей живого организма (соединительные ткани, мышцы, кости, кровь). Они составляют пластический материал основных несущих тканей, обеспечивают свойства всей среды организма в целом: поддерживают определённые значения pH, осмотического давления, сохраняют в нужных пределах кислотно-основное равновесие, обеспечивают устойчивость коллоидных систем в организме. Микроэлементы неравномерно распределены между тканями и часто обладают сродством к определённому типу тканей и органов. Так цинк аккумулируется в поджелудочной железе; молибден ? в почках; барий ? в сетчатке глаза; стронций ? в костях; йод ? в щитовидной железе и др. Содержание макроэлементов в организме достаточно постоянно, но даже сравнительно большие отклонения от нормы совместимы с жизнедеятельностью организма. Напротив, уже незначительные отклонения содержания микроэлементов от нормы вызывают тяжёлые заболевания. Классификация минеральных веществ по В. В. Ковалевскому , исходя из значимости для жизнедеятельности: 1. Жизненно необходимые (незаменимые) элементы. Они постоянно содержатся в организме человека, входят в состав ферментов, гормонов и витаминов: H, O, Ca, N, K, P, Na, S, Mg, Cl, C, I, Mn, Cu, Co, Fe, Zn, Mo, V. Их дефицит приводит к нарушению нормальной жизнедеятельности человека. 2. Примесные элементы. Эти элементы постоянно содержатся в организме животных и человека: Ga, Sb, Sr, Br, F, B, Be, Li, Si, Sn, Cs, Al, Ba, Ge, As, Rb, Pb, Ra, Bi, Cd, Cr, Ni, Ti, Ag, Th, Hg, U, Se. Биологическая роль их мало выяснена или неизвестна. 3. Примесные элементы (Sc, Tl, In, La, Pr, Sm, W, Re, Tb и др.). Обнаружены в организме человека и животных. Данные о количестве и биологическая роль не выяснены. Элементы, необходимые для построения и жизнедеятельности различных клеток и организмов, называют биогенными элементами.

Роль рассеянных химических элементов в функционировании биомассы.

### **Тема 10. Миграция веществ. Механическая миграция. Физико-химическая миграция. Биогенная миграция. Техногенная миграция.**

Миграция химических элементов. Типы миграции: механическая, физико-химическая, биогенная, техногенная. Механическая миграция обусловлена работой рек, ветра, ледников, вулканов, тектонических сил. Зависит от твердости природного материала. Показатель механической миграции. Имеет максимальное значение для аридных горных пород, а минимальное ? для гумидных лесных равнин. Физико-химическая миграция. Внутренние факторы миграции. Показатель электростатических свойств ионов служит ионный потенциал (потенциал Картледжа) и энергетические коэффициенты. В зависимости от величины потенциала Картледжа химические элементы можно разделить на 3 группы. Энергетические коэффициенты (ЭК) рассчитывают по формулам А.Е.Ферсмана. Эти коэффициенты отражают последовательность кристаллизации минералов из растворов. Ионы с большими радиусами выпадают из растворов раньше. Внешние факторы миграции: температурный режим, давление, кислотно-основные условия, окислительно-восстановительные условия. В большинстве случаев образование комплексных ионов повышает pH осаждения гидроксидов и растворимость, что усиливает миграционные процессы в гидросфере. Окислительно-восстановительный режим значительно влияет на миграцию. Восстановительные условия сопровождаются интенсивной миграцией соединений железа, марганца, кобальта, меди. В периоды аэрации начинается переход в более высокие состояния окисления, сопровождающийся интенсивным образованием осадков. Миграция в коллоидной форме характерна для гумуса, соединений кремния, алюминия, железа, марганца, олова, титана, циркония, ванадия, хрома и некоторых других элементов. Биогенная миграция обусловлена совокупной жизнедеятельностью живых организмов. Элементы с высокой биогенностью (фосфор, кальций, калий, сера, углерод, азот) меньше мигрируют, чем элементы не играющие существенную роль в составе живого вещества (хлор, натрий, магний). Техногенная миграция. Технофильность, деструктивная активность элемента, техногенное геохимическое давление, Модуль техногенного геохимического давления. Техногенные аномалии. (деления ядер урана). Рений является редким рассеянным элементом (K=10-7). Четные элементы молибден и вольфрам достаточно распространены в земной коре ( K = 10-3%).

### **Тема 11. Геохимическая миграционная классификация. Биологический круговорот химических элементов. Интенсивность биологического поглощения.**

Геохимическая миграционная классификация (Перельман А.И.). Воздушные мигранты (кислород, водород, сера, углерод, азот). Геохимические правила. Правило Д.И.Менделеева. Правило В. Гаркина. Правило Г.Оддо. Воздушные мигранты. Водные подвижные мигранты. К этой группе относят все щелочные и щелочноземельные металлы, а также галогены. К малоподвижным водным мигрантам относятся все халькофилы и часть лиофилов. У них в меньшей степени выражена ионогенность, чем у элементов группы подвижных водных мигрантов. Малоподвижные водные мигранты делят на 6 классов : Литофильные анионогенные элементы (кремний, фосфор, бор). Литофильные элементы с постоянной степенью окисления (бериллий, алюминий, цирконий, гафний, скандий, торий, лантаниды). Литофильные и сидерофильные элементы с переменной степенью окисления (титан, ванадий, ниобий, tantal, уран, вольфрам, рений, молибден, технеций). Металлы группы железа (железо, марганец, хром, никель, кобальт). Платина и платиноиды (платина, рутений, родий, палладий, осмий, иридий). Халькофильные металлы (ртуть, кадмий, серебро, медь, свинец, индий, висмут, цинк, золото). Интенсивность биологического поглощения. Коэффициент биопоглощения (частное от деления содержания в золе на содержание в горных породах). Все элементы в зависимости от этого показателя можно разделить на две группы. К первой относят те, содержание которых в золе больше, чем в земной коре (бор, иод, бром, цинк, серебро, медь, молибден, марганец, кобальт, никель). Вторая группа состоит из элементов, содержание которых в растениях (золе) меньше, чем в земной коре. Интенсивность биопоглощения рассеянных элементов не зависит от их содержания в земной коре. Физиологический барьер поглощения. барьтерный и безбарьерный типы поглощения. Факторы, влияющие на концентрацию микроэлементов в растениях. Растения ? концентраторы. Металлофильная флора (концентрирующая сразу несколько элементов). Растения с узкой геохимической специализацией. Неравномерность распределения в земной коре рассеянных элементов. Участки земной коры с высокой концентрацией химических элементов играли важную роль в видообразовании растений. Повышенное содержание химического элемента сопровождается увеличением его концентрации в фотосинтезирующих организмах. Различие между главными и рассеянными элементами. Главные элементы входят в состав растений в таком большом количестве, что увеличение концентрации макроэлемента в несколько раз повлечет за собой перестройку организма, а иногда и полное нарушение его функций. Концентрация микроэлементов (рассеянных) столь незначительна, что ее увеличение даже в десятки раз может не иметь губительных последствий.

### **Тема 12. Биогеохимические циклы важнейших химических элементов.**

Биогеохимические циклы важнейших химических элементов охватывают литосферу (верхний слой и почвенный покров), атмосферу и гидросферу. В литосфере миграционные потоки ограничиваются самой ее верхней частью ? зоной гипергенеза. В биогеохимические циклы вовлекаются не только атомы биофильных элементов, но практически все элементы земной коры. Дать хотя бы краткое описание всех химических элементов, циркулирующих в географической оболочке Земли не представляется возможным. Поэтому будут рассмотрены эволюционно сложившиеся циклы только биофильных элементов и некоторых тяжелых металлов.

### **Тема 13. Биогеохимический цикл углерода.**

Биогеохимический цикл углерода. Резервуары углерода (литосфера, гидросфера, педосфера и атмосфера). Практически весь углерод атмосферы находится в виде диоксида углерода. Основная его часть сосредоточена в тропосфере. Наибольшие количества углерода и диоксида углерода (углекислого газа) сосредоточены в глубинах Земли. Поступление углекислого газа из недр в атмосферу происходит медленно. Глобальный цикл углерода можно разделить на два цикла низшего ранга. Первый связан с потреблением углекислого газа при фотосинтезе. Это потребление компенсируется деятельностью почвенных микроорганизмов. Не весь углерод, вовлекаемый в фотосинтез, возвращается в атмосферу. Часть сохраняется в педосфере в виде гумуса и торфа. Этот цикл не полностью замкнут. Второй цикл формируется за счет газообмена между атмосферой и океаносферой. Гидрокарбонат-карбонатная система океанов находится в подвижном равновесии с углекислым газом атмосферы. Углекислый газ активно растворяется в холодной морской воде в высоких широтах. В низких широтах происходит нагревание воды и выделение диоксида углерода в атмосферу. Разделение циклов условно. Они связаны биологическими процессами: захваченный гидрокарбонат-карбонатной системой океанов атмосферный диоксид углерода частично потребляется фитопланктоном. Второй цикл также не полностью замкнут, т.к. постоянно происходит захоронение углерода в донных отложениях в виде карбонатов.

#### **Тема 14. Биогеохимические циклы кислорода и водорода .**

Биогеохимические циклы кислорода и водорода. Эти циклы связаны между собой. Круговорот воды представляет собой форму миграции обоих элементов. Кислород присутствует в больших количествах во всех геосферах. Цикл кислорода рассматривают как сочетание нескольких взаимодействующих между собой циклов более низкого ранга (геохимический, биотический, физико-химический). В литосфере кислород присутствует в основном в составе силикатов и алюмосиликатов. В ходе выветривания обычно эти аниона остаются в неизменном виде. В процессе гипергенеза кристаллическая структура части алюмосиликатных минералов перестраивается. Атмосферный кислород участвует во многих геохимических процессах. При этом происходит изменение подвижности связывающихся с ним атомов (образование нерастворимых оксидов в случае марганца и железа, переход сульфидов в растворимые сульфаты). Биотическая часть глобального цикла кислорода: выделение при фотосинтезе и потребление при деструкции органического вещества. Основное количество кислорода, производимого зелеными растениями, поступает в атмосферу. Почти 30% этого потока обеспечивается фитопланктоном морей и океанов. Неполная замкнутость глобального цикла углерода способствует накоплению свободного кислорода в атмосфере и образованию озоносферы. В связанным состоянии кислород мигрирует в составе воды. Вода присутствует во всем объеме тропосферы и стратосферы. Содержание воды в вертикальном и меридиональном направлениях очень неоднородно. Большие количества молекулярного водорода поступает в атмосферу в составе вулканических газов. Значительные количества водорода образуются при микробиологическом разрушении мертвого органического вещества. Этот водород не поступает в атмосферу, а перехватывается другими микроорганизмами, участвующими в образовании метана. В атмосфере водород рассеивается (в атмосфере его количество не превышает 0.2 Гт). Выведение водорода из круговорота при его связывании в гипергенные силикаты играет роль в формировании окислительной обстановки на Земле.

#### **Тема 15. Биогеохимический цикл азота.**

Биогеохимический цикл азота. Главный резервуар азота на Земле – атмосфера (около 4.106 Гт). В земной коре содержится порядка 1.106 Гт азота. В верхней части мантии – 13.106 Гт. Верхняя мантия – основной источник азота для географической оболочки Земли. Выделение азота происходит за счет вулканизма. Масса растворенного в океане азота составляет 0.5 % от атмосферного. В отличие от кислорода молекулярный азот в силу химической инертности недоступен для усвоения большинством организмов. В природе тем не менее образуются термодинамически менее устойчивые по сравнению с молекулярным азотом оксиды азота, нитрит- и нитрат-ионы, а также катионы аммония. Кроме того, присутствуют аминокислоты и белки. Абиотическая фиксация атмосферного азота происходит в природе в результате фотокатализических реакций. В глобальном биогеохимическом цикле азота основная роль принадлежит массообмену между педосферой и атмосферой. Процессы в почве обеспечивают образование основных количеств доступных для растений форм азота. Связывание молекулярного азота осуществляется микроорганизмами. Микроорганизмы ежегодно фиксируют около 140.106 т азота. Это превышает поток из атмосферы на подстилающую поверхность образующихся при грозовых разрядах окисленных соединений азота. В почвах и водных экосистемах происходит быстрая нитрификация – окисление ионов аммония с образованием более доступных растениям нитритных и нитратных ионов, которые не накапливаются в почвах, несмотря на постоянную деятельность азотфиксаций микроорганизмов. Это происходит потому, что водорастворимые соединения азота легко вымываются из почв. Водная миграция составляет ежегодно до 25 – 80 Мт азота. В природе происходит азотфиксация с последующим включением атомов азота в биомолекулы. После гибели растений и животных азотсодержащие химические соединения подвергаются микробиологическому разложению и аммонификации. Процесс денитрификации происходит в невозмущенной человеком биосфере. Образование молекулярного азота из органических соединений, нитратов и нитритов происходит в почвах и в водных экосистемах в аэробных и анаэробных условиях. Денитрификация может приводить и к образованию оксидов азота. Биота поддерживает содержание в атмосфере Земли не только кислорода, и "безжизненного" азота.

#### **Тема 16. Биогеохимический цикл фосфора.**

Биогеохимический цикл фосфора. Он отличается от других циклов элементов меньшей степенью замкнутости. Такой характер глобального цикла отличает не только фосфор, но и другие элементы, поступающие во внешние геосфера не в результате дегазации земных недр, а при выщелачивании гранитного слоя земной коры (кремний, кальций, калий, натрий). Основная миграция их происходит не в атмосфере, а в системе суши ? океаны. Фосфор входит в состав около 200 минералов (апатит, фосфорит, фосфаты железа и алюминия). В минералах фосфора содержатся достаточно большие количества тяжелых металлов (хрома, кадмия, ртути, свинца, урана) в результате изоморфного замещения природных минералов фосфора. Основные запасы фосфора сосредоточены в осадочных породах. Второй по значимости резервуар ? Мировой океан. В миграции большую роль играет континентальный сток. В водах рек фосфор содержится в составе минеральных взвесей и комплексных анионов. Фосфор содержится в живых организмах в составе переносчиков энергии в биохимических процессах (аденозинфосфорные кислоты), а также входит в состав нуклеиновых кислот. В Мировом океане содержится большое количество фосфора. Больше всего в глубинных слоях воды. Фосфор захватывается живыми организмами и задерживается ими. Основная часть поступающего континентальным стоком фосфора аккумулируется в осадках. Потеря его сушей и водами компенсируется продолжающимся выветриванием осадочных пород в зоне гипергенеза.

### **Тема 17. Биогеохимические циклы серы, натрия и хлора.**

Распределение серы в географической оболочке позволяет считать, что поступление ее во внешние геосфера происходит в результате дегазации верхней мантии. Сера вовлекается не только в водную миграцию, но и в атмосферный перенос. Образование газообразных соединений серы связано с деятельностью микроорганизмов, обитающих в почвах и морское среде. В почвенных выделениях обнаружены различные летучие соединения серы (карбонилсульфид, сероуглерод, метилмеркаптан, диметилсульфид). Образующийся при микробиологическом расщеплении белков сероводород практически полностью затрачивается на образование сульфидов металлов. Из морской воды сера выделяется в атмосферу главным образом в форме малорастворимого диметилсульфида, который легко окисляется и не накапливается в атмосфере. Большие количества сероводорода образуются в верхних слоях морских донных отложений и в придонных водах морей, отличающихся высокой биологической продуктивностью и слабой циркуляцией. Прорыва сероводорода в атмосферу не происходит из-за ?микробиологического фильтра?, функции которого выполняют фототрофные тионовые бактерии. В океанах происходит не только накопление серы в составе растворенных сульфатов, но и выведение ее из цикла при захоронении в донных осадках. Биогеохимических цикл серы также оказывается не полностью замкнутым.

### **Тема 18. Биогеохимические циклы тяжелых металлов (ртуть, свинец, цинк, медь, кадмий)**

Биогеохимические циклы тяжелых металлов. Значительные массы металлов вовлечены в биотический круговорот. Вынос атомов металлов с континентов в океан осуществляется с речным потоком. Он не компенсируется обратным переносом. Следовательно океаны, а точнее их донные отложения, продолжают накапливать эти элементы. Таким образом, глобальные биогеохимические циклы тяжелых металлов, как и цикл фосфора, характеризуются малой степенью замкнутости.

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержен приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996н/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС З++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

- 1.Биогеохимия? для студентов химического факультета / М.П.Кутырева, Н.А.Улахович. - [www.ksu.ru/f7/index.php?id=9](http://www.ksu.ru/f7/index.php?id=9).
- 2.Биогеохимия Орлов Д.С., Безуглова О.С. - [http://www.dasmsu.ru/infusions/booklib/book.php?book\\_id=51/](http://www.dasmsu.ru/infusions/booklib/book.php?book_id=51/)
- 3.Чибисова Н.В., Долгань Е.К. Экологическая химия (Биогеохимические циклы) - [www.xumik.ru/ecochem/](http://www.xumik.ru/ecochem/)
- 4.М.А.Феданкин Геохимический голод и становление царств. - <http://elementy.ru/lib/25583/25585/>
- 5.Андряннова М.Ю. Физико-химические основы природных и антропогенных процессов в техносфере - <http://rudocs.exdat.com/navigate/index-377239.html>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Основной теоретический материал предметадается в часы лекционных занятий. На лекциях преподаватель систематически и последовательно раскрывает содержание научной дисциплины, вводит в круг научных интересов, ставит вопросы для исследования. Нельзя ограничиться регулярным посещением только лекций, так как центр тяжести в усвоении знаний, в формировании умений и навыков лежит в последующей самостоятельной работе. Студенты должны постоянно готовиться к лекциям. В этой работе могут помочь учебники, список которых преподаватель называет на первых занятиях. Помимо рекомендуемой литературы, лектор дает программу дисциплины, в которой изложены основные разделы и вопросы для контроля знаний.</p> <p>Лекция закладывает основы научных знаний, знакомит с основными современными научно-теоретическими положениями, с методологией данной науки. На лекции осуществляется общение студенческой аудитории с высококвалифицированными лекторами, учеными, педагогами, специалистами в определенной отрасли науки. Лекция вызывает эмоциональный отклик слушателей, развивает интерес и любовь к будущей профессии. Лектор использует на лекциях не только материал учебников, но и привлекает много дополнительных сведений, изложенных в научных работах (монографиях или статьях) или в его собственных исследовательских трудах. Студент не в состоянии глубоко осмыслить весь представленный в лекциях материал, не посещая лекционных занятий. Поэтому важно не пропускать лекции, готовиться к ним (за ранее посмотреть тему лекции, почитать учебники, отметить для себя ключевые моменты, составить вопросы лектору) и напряженно, активно работать в течение всего учебного занятия. Старайтесь не опаздывать на лекцию: в первые минуты занятий объявляется тема, план лекции. Чтобы легче запомнить излагаемый материал, необходимо его понять, разобраться в системе научных понятий, которую дает лектор. Пути изложения лекции могут быть различными. Иногда преподаватель выбирает индуктивный путь, т.е. вначале излагает конкретные факты, обобщает их, раскрывает сущность понятия, дает его определение. Другой путь образования понятий - дедуктивный: лектор вначале определяет научное понятие, а потом дает объяснения, приводит конкретный фактический материал. Если уловить путь изложения материала, то становится легче понять мысль преподавателя и проникнуть в содержание лекции. Обращайте внимание на определение понятий.</p> <p>Рекомендуется для их усвоения составлять гlosсарий (словарь). Во время слушания лекций должна быть психологическая установка на запоминание основных идей лекции. Слушание лекций - это сложный психологический процесс, в который вовлечена вся личность слушающего: его сознание, воля, память, эмоции. Это не пассивное состояние человека, а напротив, состояние активной, напряженной деятельности.</p> <p>Слушание учебной лекции - это необходимое, но не достаточное условие сознательного и прочного усвоения знаний. Лекцию необходимо записать - только тогда лекция станет источником для дальнейшей самостоятельной работы. Конспектирование лекции - это сложное дело, требующее умений и опыта. Некоторые стараются записать лекцию полностью, слово в слово, не вдумываясь в содержание материала, опираясь только на свою память. Сплошная запись возможна только в том случае, если преподаватель диктует лекционный материал. Но диктовка делает изложение однообразным и утомительным, и методика высшей школы не рекомендует такой способ изложения. Стремление записать лекцию слово в слово отвлекает слушателя от обдумывания лекционного материала. Недаром студенты говорят, что трудно совместить и запись, и обдумывание.</p> <p>Если лекцию записывать очень коротко, отдельными штрихами, то записи не могут быть материалом для повторения. В излишне краткой записи трудно разобраться уже некоторое время спустя. Для записи возьмите общую тетрадь и сделайте поля для различных заметок во время записи: например, знак восклицания ( отметка особых важных моментов), знак вопроса (что-то не поняли и к данному положению надо вернуться).</p>
самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа при изучении дисциплин включает: - чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины; - знакомство с Интернет-источниками; - подготовку к различным формам контроля (тесты, контрольные работы, коллоквиумы); - подготовку и написание рефератов; - выполнение контрольных работ; - подготовку ответов на вопросы по различным темам дисциплины в той последовательности, в какой они представлены. Планирование времени, необходимого на изучение дисциплин, студентам лучше всего осуществлять весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение материала. При изучении дисциплины сначала необходимо по каждой теме прочитать рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса. Для расширения знания по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы; проводить поиски в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем. При подготовке к контрольной работе необходимо прочитать соответствующие страницы основного учебника. Желательно также чтение дополнительной литературы.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
зачет	<p>На зачете определяется качество и объем усвоенных студентами знаний, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановки цели и выбору путей ее достижения, а также умение работать с нормативными документами в рамках дисциплины. Он может проводиться в устной или письменной формах. Форму проведения определяет кафедра. Подготовка к зачету - процесс индивидуальный. Тем не менее, существуют некоторые правила, знания которых могут быть полезны для всех. Залогом успешной сдачи зачета является систематическая работа над учебной дисциплиной в течение семестра. Подготовку желательно вести, исходя из требований программы учебной дисциплины. Целесообразно пошаговое освоение материала, выполнение различных заданий по мере изучения соответствующих содержательных разделов дисциплины. Если, готовясь к зачету, вы испытываете затруднения, обращайтесь за советом к преподавателю, тем более что при систематической подготовке у вас есть такая возможность. Готовясь к зачету, лучше всего сочетать повторение теоретических вопросов с выполнением практических заданий. Требования к знаниям студентов определены федеральным государственным образовательным стандартом и рабочей программой дисциплины. Цель зачета - проверка и оценка уровня полученных студентом специальных познаний по учебной дисциплине и соответствующих им умений и навыков, а также умения логически мыслить, аргументировать избранную научную позицию, реагировать на дополнительные вопросы, ориентироваться в массиве информации, дефиниций и категорий. Оценке подлежат правильность и грамотность речи студента, если зачет проводится в устной форме, а также его достижения в течение семестра. Дополнительной целью зачета является формирование у студентов таких качеств, как организованность, ответственность, трудолюбие, самостоятельность. Таким образом, проверяется сложившаяся у студента система знаний по дисциплине, что играет большую роль в подготовке будущего специалиста, способствует получению им фундаментальной и профессиональной подготовки. При подготовке к зачету важно правильно и рационально распланировать свое время, чтобы успеть на качественно высоком уровне подготовиться к ответам по всем вопросам. Во время подготовки к зачету студенты также систематизируют знания, которые они приобрели при изучении основных тем курса в течение семестра. Это позволяет им уяснить логическую структуру дисциплины, объединить отдельные темы в единую систему, увидеть перспективы ее развития. Самостоятельная работа по подготовке к зачету во время сессии должна планироваться студентом, исходя из общего объема вопросов, вынесенных на зачет, так, чтобы за предоставленный для подготовки срок он смог равномерно распределить приблизительно равное количество вопросов для ежедневного изучения (повторения). Важно, чтобы один последний день (либо часть его) был выделен для дополнительного повторения всего объема вопросов в целом. Это позволяет студенту самостоятельно перепроверить усвоение материала.</p>

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

#### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;

- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 04.03.01 "Химия" и профилю подготовки "Органическая химия".

*Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.03.01 Биогеохимия*

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: Органическая химия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

**Основная литература:**

- 1.Лабутова, Н. М. Основы биогеохимии: учебное пособие / Лабутова Н.М., Банкина Т.А. - Санкт-Петербург: СПбГУ, 2013. - 240 с.: ISBN 978-5-288-05457-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/941233> (дата обращения: 06.03.2020).-Режим доступа: по подписке.
2. Кутырева М.П., Улахович Н.А. Биогеохимические циклы элементов в схемах и таблицах: учебное пособие к курсу лекций 'Биогеохимия' для студентов химического факультета.- Казань: Казанский университет, 2008. - Текст : электронный. - URL: <http://www.ksu.ru/f7/index.php?id=9> (дата обращения: 06.03.2020). - Режим доступа: открытый.
3. Улахович Н.А., Кутырева М.П., Бабкина С.С. Биогеохимия: учебно-методическое пособие для лекционного курса. - Казань: Издательство Казанского государственного университета, 2008. - 44 с. - Текст : электронный. - URL: [http://kpfu.ru//staff\\_files/F1771708045/biogeochem.pdf](http://kpfu.ru//staff_files/F1771708045/biogeochem.pdf) (дата обращения: 06.03.2020). - Режим доступа: открытый.

**Дополнительная литература:**

- 1.Рузавин, Г. И. Концепции современного естествознания: учебник / Г.И. Рузавин. - 3-е изд., стереотип. - Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 271 с. (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-004924-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/454162> (дата обращения: 06.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
2. Клинов, Г. К. Науки о Земле : учебное пособие / Г.К. Клинов, А.И. Клинова. - Москва : ИНФРА-М, 2018. - 390 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - [www.dx.doi.org/10.12737/1540](http://www.dx.doi.org/10.12737/1540). - ISBN 978-5-16-100702-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/915390> (дата обращения: 06.03.2020). - Режим доступа: по подписке.
3. Стремжа Т.П., Прикладная геохимия : учебное пособие / Т.П. Стремжа, С.И. Леонтьев - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015. - 252 с. - ISBN 978-5-7638-3344-7 - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763833447.html> (дата обращения: 06.03.2020). - Режим доступа : по подписке.
4. Поспелова, О. А. Геохимия окружающей среды: учебное пособие / сост. О.А. Поспелова. - Ставрополь: СтГАУ, 2013. - 60 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/514088> (дата обращения: 06.03.2020). - Режим доступа: по подписке.

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.03.01 Биогеохимия

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: Органическая химия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.