

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

УТВЕРЖДАЮ

Декан Геологического факультета

академик

\_\_\_\_\_/Д.Ю.Пушаровский/

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Гидрогеохимия**

Автор-составитель: Киреева Т.А.

**Уровень высшего образования:**

*Бакалавриат*

**Направление подготовки: 05.03.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**

**Гидрогеология, инженерная геология, геокриология**

Форма обучения:

*Очная*

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_)

---

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 «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год приема на обучение – 2017.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

*Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.*

## Цели и задачи дисциплины

**Целью** курса "Гидрогеохимия" является освоение студентами теоретических основ геохимии природных вод, природы процессов формирования химического состава подземных вод в результате растворения минералов, кристаллизации солей из растворов, сорбции и ионного обмена, процессов, происходящие при участии хемотрофных бактерий, миграции химических элементов в водных средах, с описанием миграционных форм элементов и особенностей их накопления в природных водах, понятия о геохимических барьерах, существующих классификаций подземных вод по химическому составу, основ прикладной гидрогеохимии.

**Задачи** - освоение методов анализа химического состава подземных вод, оценки влияния различных природных процессов на формирование химического состава подземных вод, решения балансовых уравнений растворения и осаждения минеральных веществ и растворения газов, применения классификации О.А. Алекина и В.А. Сулина для определения генезиса природных вод, умения выделять типы техногенного загрязнения природных вод, умение выделять типы промышленных и теплоэнергетических вод, умения определять районы возможного сосредоточения промышленных и теплоэнергетических вод.

**1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО** – вариативная часть, профессиональный цикл, профессиональные дисциплины по выбору, курс – III, семестр – 5.

### **2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**

освоение дисциплин курсов блока базовой общенаучной подготовки (БП): «Высшая математика», «Физика», «Химия общая», и ее вариативной части (ВБ): «Химия физическая и коллоидная», «Почвоведение», «Гидрология и климатология», а также на дисциплинах вариативной части блока общепрофессиональной подготовки (ВВ) *Модуля Геология и полезные ископаемые*: «Палеонтология», «Историческая геология», «Структурная геология и геокартирование», «Геология четвертичных отложений», «Геоморфология», «Геологоразведочные работы»; *Модуля Геохимия*: «Минералогия с основами кристаллографии», «Петрография», «Геохимия». Дисциплина необходимо в качестве предшествующей для дисциплин «Гидрохимическое моделирование», «Гидрогеодинамика», «Поиски и разведка подземных вод», «Региональная гидрогеология», магистерских программ «Гидрогеология и гидрогеоэкология» и «Гидрогеология месторождений нефти и газа», а также для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

### **3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.**

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

ОПК-3.Б Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично),

ОПК-4.Б Способность применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично),

ПК-2.Б Способность использовать знание теоретических основ фундаментальных геологических дисциплин при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности

СПК-1.Б Способность оценивать гидрогеологические, инженерно-геологические и геокриологические условия территорий для различных видов хозяйственной деятельности

СПК-2.Б Способность проводить моделирование изучаемых гидрогеологических, инженерно-геологических и геокриологических процессов

СПК-3.Б Способность выполнять прогноз развития различных гидрогеологических, инженерно-геологических и геокриологических процессов

#### **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):**

**Знать:** - физико-химические законы, управляющие поведением элементов в природных водах; основные генетические типы природных вод, их макро-и микрокомпонентный состав, основные компоненты природных вод (минеральные вещества, органические вещества, газы), условия формирования типов природных и техногенно-загрязненных вод, условия распространения различных генетических типов подземных вод

**Уметь:** анализировать химический состав подземных вод, выделять различные генетические (гидрохимические) типы природных вод, оценивать гидрохимический состав подземных вод с целью использования для различных направлений хозяйственной деятельности

**Владеть:** - способностью составлять программы гидрохимических исследований в соответствии с поставленными научными и практическими задачами, способностью применять современные методы обработки результатов лабораторных и полевых исследований, в том числе, с выявлением соответствующих закономерностей, построением специализированных карт и оценкой региональных закономерностей изменчивости гидрохимических условий.

**4. Формат обучения** – лекционные и семинарские занятия

**5. Объем дисциплины (модуля)** составляет 3 з.е. (108 академических часов), в том числе 44 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (16 часов – занятия лекционного типа, 16 часов – занятия семинарского типа, 76 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

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

**Краткое содержание дисциплины (аннотация):**

- подача материала начинается с общей характеристики предмета «Гидрогеохимия», его разделов;

- рассматриваются значения рН и Eh водных растворов, компоненты, слагающие химический состав природных вод: минеральные и органические вещества, растворенные газы.

- излагаются закономерности формирования химического состава подземных вод: растворение и выщелачивание (особенности растворения с участием комплексообразования, окислительно-восстановительных реакций, растворения углекислого газа, сероводорода, аммиака, серного ангидрида), кристаллизация, сорбция и ионный обмен, а также биохимических процессов;

- рассматриваются вопросы миграции химических элементов в водных средах, с описанием миграционных форм элементов и особенностей их накопления в природных водах, приведена систематизация геохимических барьеров.

- рассматриваются существующие классификации подземных вод по химическому составу.

- излагаются вопросы накопления токсичных элементов свыше ПДК в естественно-природных условиях, а также особенности различных видов техногенного загрязнения (промышленное, сельскохозяйственное, коммунально-бытовое, радиоактивное).

На практических занятиях студенты знакомятся с расчетными методами физико-химического анализа водных систем и графического изображения состава природных вод. Содержание учебного курса базируется на достаточном учебно-методическом материале: список рекомендуемой основной литературы включает 4 монографии, а дополнительной – 11 опубликованных источников.

Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и темам, а также видам учебной работы (формам проведения занятий) с указанием форм текущего контроля и промежуточной аттестации

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Семинары	Практические занятия, лаб. работы	Самостоятельная работа студента	
1	Введение. Значения рН и E <sub>h</sub> природных вод, гидролиз солей. Элементы окислители и восстановители.	5	2	2	0	0	0	
2	Ионно-солевой комплекс пород: минералы, рассеянные элементы, адсорбированные ионы.	5	3	2	0	0	6	Контрольная работа.
	Минерализация, макро- и микрокомпоненты. Растворимость основных пород.	5	4	2	0	0	5	
3	Основные водорастворенные газы: происхождение и распространение. Водорастворенные органические вещества: состав, содержание, количественное выражение (окисляемость, C <sub>орг.</sub> )	5	5	2	0	0	0	
4	Живое вещество подземных вод: болезнетворные и хемотрофные бактерии. Биохимические реакции: влияние на химический состав вод и условия протекания	5	6	1	1	0	6	Контрольная работа
5	Процессы формирования химического состава подземных вод: растворение и выщелачивание, кристаллизация.	5	7	1	1	0	5	
6	Процессы формирования химического состава подземных вод: комплексообразование, сорбция и ионный обмен	5	8	1	1	0	6	Контрольная работа
7	Закономерности миграции и накопления элементов в подземных водах. Миграционные формы элементов Понятие о геохимических барьерах. Классификация геохимических барьеров.	5	9	1	1		5	

8	Гидрохимические типы вод инфильтрационно-атмосферного генезиса, особенности формирования.	5	10	1	1	0	6	Контрольная работа
9	Представление результатов химических анализов Классификации подземных вод по химическому составу.	5	11	0	2		20	Практическая работа по определению состава смеси 2-х вод
10	Расчет растворимости газов в водных растворах. Расчет кристаллизации из растворов (по уравнениям химических реакций)	5	12	2	2		6	Контрольная работа
11	Основы экологической гидрогеохимии. Нормируемые микрокомпоненты подземных вод, понятие о предельно допустимых концентрациях (ПДК). Природные условия накопления нормируемых компонентов в пресных водах.	5	13	1	1	0	2	
12	Характерные элементы техногенно загрязненных вод.	5	14	1	1		2	
13	Основные виды техногенного загрязнения.	5	15	1	1		1	
14	Промышленные и термоэнергетические воды	5	16		2	0	6	Контрольная работа
15	Проведение зачета	5	17					Устный опрос
Итоговая аттестация в 5 семестре		<b>5</b>		<b>16</b>	<b>16</b>		<b>76</b>	<b>Зачет</b>

### Содержание разделов дисциплины

1. Введение. Гидрогеохимия как самостоятельная дисциплина в комплексе естественных наук геологического цикла. Предмет гидрогеохимии. Связь гидрогеохимии с другими естественными науками: физикой, химией, гидрологией, физической географией, экологией. История развития гидрогеохимии, как самостоятельной дисциплины. Цели и задачи гидрогеохимии, ее практическое значение.

### 2. Теоретические основы гидрогеохимии

Ионное равновесие воды и водородный показатель (рН) Окислительно-восстановительный потенциал воды (ОВП – Eh). Взаимосвязь рН и Eh. Основные компоненты химического состава подземных вод: минеральные вещества, органические вещества, газы. Происхождение растворенных веществ в подземных водах, ионно-солевой комплекс пород. Минерализация, макро- и микрокомпонентный состав подземных вод. Формы выражения химического состава подземных вод. Газовый состав

подземных вод: происхождение газов и закономерности их растворения. Органическая компонента подземных вод: состав и виды растворенного органического вещества. Живое вещество подземных вод: состав и виды микрофлоры. Бактерии болезнетворные и хемотрофные, значение микробиологического состава подземных вод.

### 3. Процессы формирования химического состава подземных вод

Растворение. Конгруэнтное и инконгруэнтное растворение. Изменение pH природных растворов, вследствие гидролиза растворенных соединений. Состав растворов, образующихся при растворении основных пород (силикаты, карбонаты, сульфаты, хлориды) и породообразующих минералов. Процессы растворения с участием реакций комплексообразования и окислительно-восстановительных реакций. Изменение химического состава растворов вследствие процесса кристаллизации. Процессы испарительного и мерзлотного концентрирования, последовательность осаждения солей, при природном концентрировании растворов. Кристаллизация вследствие изменения Eh-pH и P-T условий. Сорбция и ионный обмен в реальных гидрогеохимических системах. Природные сорбенты: глинистые минералы, коллоиды гидроокислов, органическое вещество пород, органогенные породы (торф), цеолиты. Биохимические процессы: виды хемотрофных микроорганизмов, закономерности протекания биохимических реакций, ограничительные условия.

4. Закономерности миграции элементов в водной среде. Геохимические барьеры: классификация, природные и техногенные барьеры. Особенности миграции макрокомпонентов: консервативные и неконсервативные элементы, миграционные формы элементов, миграционные кривые.

5. Типизация подземных вод по химическому составу. Гидрохимические типы вод инфильтрационно-атмосферного генезиса: распространение, геохимические признаки, особенности формирования.

6. Классификации природных вод и графические методы изображения их химического состава. Классификации природных вод по минерализации, по преобладающим компонентам, по соотношениям компонентов, по специфическим компонентам. Способы графического изображения химического состава природных вод. Классифицирование подземных вод по В.А. Сулину и А.В. Алекину.

7. Прикладные проблемы геохимии подземных вод Нормируемые микрокомпоненты в подземных водах. Условия природного накопления некоторых нормируемых элементов (стронций, железо, марганец, ртуть, мышьяк, селен, фтор) в пресных водах, в количествах превышающих ПДК. Микрокомпоненты техногенного загрязнения подземных вод.



Особенности накопления и осаждения соединений азота, фосфора, металлов (Cu, Zn, Pb и др.), нефтепродуктов, радиоактивных веществ. Химические особенности подземных вод районов техногенного загрязнения: водоотливы угольных шахт, воды рудных месторождений, воды полигонов ТБО.

### **Содержание семинаров.**

1. Живое вещество в подземных водах: болезнетворные и хемотрофные бактерии. Изменение химического состава подземных вод в результате жизнедеятельности хемотрофных бактерий. Составление уравнений биохимических реакций, ограничительные условия их протекания.
2. Процессы формирования химического состава подземных вод: разбор условий растворения, кристаллизации, комплексообразования, сорбции, ионного обмена. Решение задач на осаждение (кристаллизации) веществ из природного раствора.
3. Закономерности миграции макрокомпонентов: связь химического состава и миграционных форм элементов, разбор реакций, происходящих на геохимических барьерах.
4. Закономерности формирования основных типов вод инфильтрационно-атмосферного генезиса, связь с литологией пород и условиями водообмена.
5. Разбор форм представления результатов химических анализов, ознакомления с принципами классифицирования подземных вод
6. Решение задач растворения газов в подземных водах на основании законов Генри и Дальтона, определение давления насыщения смеси газов в пластовых условиях
7. Разбор закономерностей накопления токсичных компонентов, в количествах превышающих ПДК, в условиях естественного формирования.
8. Разбор геохимических особенностей элементов, типичных для различных видов техногенного загрязнения.
9. Обоснование выделения промышленных вод, используемых как химическое сырье, и вод, используемых в термоэнергетических целях.

### **7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

#### **7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетных и контрольных работ.

*Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля/ Темы контрольных работ:*

1. Влияние комплексообразования, ионного обмена, изменения окислительно-восстановительного состояния раствора на процессы растворения водовмещающих пород и кристаллизации твердого вещества из раствора
2. Влияние давления, минерализации раствора, индивидуального состава газа на растворение газов в подземных водах
3. Закономерности осаждения солей из почвенно грунтовых вод и океанической воды (галогенез).
4. Закономерности протекания аэробных и анаэробных биохимических реакций. Биохимическое преобразование растворенных форм серы, азота, углерода.
5. Миграционных формы элементов в подземных водах, консервативные и неконсервативные элементы.
6. Типы гидрохимических барьеров. Накопление макрокомпонентов в подземных водах в связи с прохождением геохимических барьеров.
7. Накопление токсичных элементов в количестве превышающем ПДК в гидрокарбонатно-натриевых и сульфатно-натриевых водах.
8. Накопление элементы в количестве, свыше ПДК в водах, содержащих повышенные количества растворенных органических соединений.
9. Гидрохимическая характеристика элементов, характеризующих сельскохозяйственное, промышленное, коммунально-бытовое и радиоактивное загрязнения.
10. Гидрохимическая характеристика сточных вод угольных шахт, полисульфидных и редкометальных месторождений, грунтовых вод полигонов ТБО.

***Расчетные домашние задания:***

1. Расчет формулы Курлова для смеси двух вод.
2. Выполнение классифицирования по В.А. Сулину водного раствора, расчет генетических коэффициентов Cl/Br, V/Br, Na/K и определение генезиса водного раствора.
3. Расчет давления насыщения смеси газов в пластовых условиях.
4. Расчет осаждения  $F^{2+}$  из пресных подземных вод, в результате окисления (аэрирование).

**7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

***Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:***

1. Ионное равновесие воды и водородный показатель (рН). Окислительно-восстановительный потенциал воды (ОВП – Eh). Взаимосвязь рН и Eh.

2. Основные компоненты химического состава подземных вод: минеральные вещества, органические вещества, газы. Происхождение растворенных веществ в подземных водах, ионно-солевой комплекс пород.
3. Минерализация, макро- и микрокомпонентный состав подземных вод.
4. Газовый состав подземных вод, происхождение и закономерности растворения газов.
5. Органическая компонента подземных вод: состав и виды растворенного органического вещества.
6. Живое вещество подземных вод: состав и виды микрофлоры. Бактерии болезнетворные и хемотрофные, значение микробиологического состава подземных вод. Биохимические процессы: закономерности протекания биохимических реакций, ограничительные условия
7. Процессы растворения с участием реакций комплексообразования и окислительно-восстановительных реакций.
8. Процессы испарительного и мерзлотного концентрирования, последовательность осаждения солей, при природном концентрировании растворов. Кристаллизация вследствие изменения Eh-pH и P-T условий.
9. Сорбция и ионный обмен в реальных гидрогеохимических системах. Природные коллоиды и глинистые минералы.
10. Миграция элементов. Миграционные формы химических элементов в подземных водах Особенности миграции макрокомпонентов: консервативные и неконсервативные элементы, миграционные кривые макрокомпонентов.
11. Геохимические барьеры: классификация, природные и техногенные барьеры.
12. Накопление нормируемых компонентов (Sr, F, Fe, Mn, Hg) в количествах, превышающих ПДК в естественно-природных условиях
13. Виды техногенного загрязнения подземных вод. Гидрогеохимические особенности вод, загрязненных сельскохозяйственными удобрениями, отходами животноводства, нефтепродуктами, радиоактивными веществами
14. Гидрохимические особенности промышленных и коммунально-бытовых стоков: воды отливов угольных шахт, месторождений разработки сульфидных и редкоземельных месторождений, вод полигонов ТБО

### **Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине**

Результаты обучения	«Незачет»	«Зачет»
<b>Знания:</b> физико-химические законы поведения элементов	Знания практически отсутствуют	Систематические знания

<p>в природных водах; основные генетические типы природных вод, основные компоненты природных вод, условия формирования типов природных и техногенно-загрязненных вод, условия распространения различных генетических типов подземных вод</p>		
<p><b>Умения:</b> анализировать химический состав подземных вод, выделять различные генетические (гидрохимические) типы природных вод, оценивать гидрохимический состав подземных вод с целью использования для различных направлений хозяйственной деятельности</p>	<p>Умения не сформированы и очень слабые</p>	<p>В целом успешное умение правильно составлять формулы химического состава, применять классификацию В.А. Сулина и выделять генетические типы природных вод</p>
<p><b>Владения:</b> современными методами обработки результатов лабораторных и полевых исследований, в том числе, с выявлением соответствующих закономерностей, построением специализированных карт и оценкой региональных закономерностей изменчивости</p>	<p>Навыки владения методами изучения химического состава подземных вод отсутствуют или очень слабы</p>	<p>Хорошее владение методами изучения химического состава подземных вод и способами выделения их генетических типов</p>

**8. Ресурсное обеспечение:****А) Перечень основной и дополнительной литературы.****- основная литература:**

Всеволожский В. А. Основы гидрогеологии. Изд. 2-е. М. МГУ. 2007. 440 с.

Киреева Т.А. Гидрогеохимия. Учебное пособие. В журнале сайт геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. С. 1-197.

[http://wiki.web.ru/wiki/Геологический\\_факультет\\_МГУ](http://wiki.web.ru/wiki/Геологический_факультет_МГУ): Гидрогеохимия

Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. М: Наука. 2004. 678 с.

Драйвер Дж Геохимия природных вод. М.: Мир. 1985. 440 с.

**- дополнительная литература:**

Гаррелс Р.М, Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия. М.: Мир. 1968. 368 с.

Гусев М.В. Минеева Л.А. Микробиология. М.: МГУ. 1992. 447 с.

Дэвис С.. де Уист Р. Гидрогеология. Т. 2 М.: Мир. 1970. 254 с.

Дворов И.М., Дворов В.И. Термальные воды и их использование. М.: Просвещение. 1976. 126 с.

Кирюхин В.А., Коротков А.И., Шварцев. С.Л. Гидрогеохимия. М.: Недра. 1993. 383 с.

Перельман А.И. Геохимия. М.: Высшая школа. 1989. 528 с.

Питьева К.Е. Гидрогеохимия. М.: Изд-во МГУ. 1988. 315 с.

Самарина В.С. Гидрогеохимия. Л.: Изд-во ЛГУ. 1977. 359 с.

Тютюнова Ф.И. Гидрогеохимия техногенеза. М.: Наука. 1987. 335 с.

Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М.: Недра. 1998. 365 с.

Appelo С.А.Ј., Postma D. Geochemistry, groundwater and pollution. – А.А. Balkema Publishers, 2005.

**Б) Лицензионное программное обеспечение:** пакеты программ Microsoft Office Excel, Microsoft Office, PowerPoint

**Г) Материально-техническое обеспечение:**

Учебная аудитория на 25 мест с доской и мелом для проведения лекционных занятий с необходимыми демонстрационными табличными и графическими материалами.

Учебники, учебные пособия и другая рекомендованная литература, имеющаяся на кафедре и в библиотеке МГУ имени М.В. Ломоносова.

**9. Язык преподавания** – русский.

**10. Преподаватель** – Киреева Т.А.

**11. Автор программы – Киреева Т.А.**

*Место работы:* Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра гидрогеологии,

*Занимаемая должность:* доцент кафедры гидрогеологии, к. г.-м. наук

*Инициалы, фамилия:* Т.А. Киреева

Рабочий телефон: 8(495)939-21-12

e-mail: ta\_kireeva@mail.ru