

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**

**Геохимия природных вод**

Автор-составитель: Гричук Д.В.

**Уровень высшего образования:**  
*Магистратура*

**Направление подготовки:**  
**05.04.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**

**Геохимия**

**Магистерская программа**

**Геохимия**

Форма обучения:

*Очная*

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методическим Советом Геологического факультета  
(протокол № \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_)

Москва 20\_\_

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 (годы) приема на обучение – 2019.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова  
*Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.*

## **Цель и задачи дисциплины**

**Целью** курса "Геохимия природных вод" является освоение студентами теоретических основ геохимии природных вод, изучение химического состава гидросферы, слагающих ее частей, геохимических процессов, протекающих в различных частях гидросферы.

**Задачи** - освоение методов физико-химических расчетов, позволяющих прогнозировать поведение экологически важных компонентов в гидросфере, овладение приемами графического представления гидрогеохимических данных, знакомство с методами водоподготовки и очистки сточных вод.

**1.** Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, обязательная, курс – I, семестр – 1.

**2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:** освоение программы бакалавриата по профилю «Геохимия», в том числе - дисциплин «Общая геология», «Неорганическая химия», «Гидрогеология инженерная геология и геоэкология», «Геохимия», «Экологическая геология и геохимия».

**3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.**

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

ОПК-4.М Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки (формируется частично).

СПК-4.М Готовность к изучению химического состава природного вещества и закономерностей распространенности в них химических элементов, их состояния и форм нахождения (формируется частично).

СПК-5.М Способность к выявлению, изучению и геологической интерпретации ассоциаций химических элементов, характерных для продуктов геологических процессов (формируется частично).

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

**Знать:** строение и состав гидросферы Земли; основные закономерности формирования состава природных вод – атмосферных, речных, морских, подземных; физико-химические законы, управляющие поведением элементов в природных водах; роль воды, как главного природного ресурса современного общества; методы, применяемые при водоподготовке и при очистке сточных вод; нормативные документы, определяющие качество природных и питьевых вод

**Уметь:** использовать физико-химические расчеты для оценки распределения миграционных форм элементов; строить и интерпретировать диаграммы рН-Eh для заданных систем.

**Владеть:** основными классификациями природных вод по химическому составу, методами графического изображения состава природных вод.

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

**5. Объем дисциплины (модуля)** составляет **2** з.е., в том числе **58** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**14** часов – занятия лекционного типа, **42** часов – занятия семинарского типа, **2** часа – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), **14** академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен

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

**Краткое содержание дисциплины (аннотация):**

В курсе "Геохимия природных вод" излагаются следующие проблемы:

- строение гидросферы и распределение вещества в ней;

- физико-химические основы геохимических процессов, протекающих с участием природных вод, включая последовательно: реакции в растворе, взаимодействия "вода - газ", "вода - порода" и "вода - живое вещество";
- химический состав природных вод и формирующие его геохимические процессы в отдельных частях гидросферы: атмосферных осадках, речных и озерных водах, Мировом океане, подземных водах, термальных водах;
- прикладные вопросы геохимии природных вод, включая экологические проблемы использования вод хозяйственно-питьевого назначения и очистки сточных коммунальных вод.

На семинарских занятиях студенты знакомятся с расчетными методами физико-химического анализа водных систем и графического изображения состава природных вод.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Гидросфера Земли.		2		–	2	
Раздел 2. Физическая геохимия природных вод.		4		8	12	2 расчетно-графические работы, 6 часов
Раздел 3. Классификации природных вод и графические методы изображения их химического состава.		2		8	10	1 расчетно-графическая работа, 4 часов
Раздел 4. Химическое строение гидросферы.		4		16	20	Подготовка к контрольному опросу, 2 часов
Раздел 5. Прикладные проблемы геохимии природных вод.		2		10	12	Подготовка к контрольному опросу, 2 часов
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>						2
<b>Итого</b>	<b>72</b>			<b>56</b>		16

## **Содержание разделов дисциплины:**

### 1. Гидросфера Земли.

Строение гидросферы, гидрологический цикл. Единство природных вод по В.И.Вернадскому. Роль воды в геологических процессах. Вода как главное по масштабам добычи полезное ископаемое. Экологические проблемы природных вод.

### 2. Физическая геохимия природных вод.

Строение молекулы воды, аномальность свойств воды и ее причины. Состояние заряженного иона в растворе, гидратация иона. Закон действующих масс, константа реакции. Соотношение концентрации и активности, коэффициент активности. Теория Дебая – Хюккеля, основное уравнение и его модификации, области применимости. Комплексообразование, применение констант комплексообразования для расчета равновесий форм нахождения элементов. Основные комплексообразователи в природных водах.

Растворимость газов в воде, Закон Генри, его применение к растворам. Классификация газов по характеру растворения. Растворимость твердых фаз, произведение растворимости. Связь растворимости минералов и комплексообразования. Процессы сорбции, ионный обмен, обменная емкость пород. Роль селективной сорбции в судьбе экологически важных компонентов природных вод.

Кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные равновесия. Карбонатная система как основная буферирующая система природных вод. Диаграммы рН-Eh, их расчет и применение в геохимии. Термодинамические расчеты состояния элементов в природных водах, применение моделирования на ЭВМ для прогноза поведения экологически важных микроэлементов.

Понятие о галогенезе. Кристаллизация солей при испарении воды, фазовые диаграммы испарения. Последовательность осаждения солей при испарении морской воды; метастабильные состояния, "солнечная диаграмма" Н.С.Курнакова. Рассолы и соли - продукты галогенеза; масштабы процесса галогенеза в истории Земли.

### 3. 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. Объединенная диаграмма природных вод М.Г.Валяшко.

### 4. Химическое строение гидросферы.

Происхождение воды на Земле, ювенильные растворы как производные дифференциации мантии и коровых магматических процессов. Химический состав гидросферы, основные компоненты и микроэлементы. Природа разнообразия химического состава вод Земли. Морская и континентальная ветви химического состава вод.

Химический состав атмосферных осадков, определяющие процессы. Солевой обмен океана и суши через атмосферу. Речные и озерные воды, химический состав, формирующие его процессы. Зональность и состава речных вод. Сезонная динамика состава рек. Эвтрофикация озер, ее причины и последствия. Самоочищение водоемов.

Химический состав морской воды, закономерности изменения состава по латерали и вертикали, постоянство Мирового океана по макрокомпонентам. Эволюция состава океана во времени, геохимические признаки постоянства состава океана в геологическом времени.

Происхождение подземных вод (инфильтрационное, седиментационное, смешанное). Вертикальная гидрогеохимическая зональность подземных вод. Гидрохимическая карта подземных вод России, размещение генетических типов подземных вод в осадочной оболочке.

Грунтовые воды, их климатическая зональность. Гидрохимическая зональность артезианских бассейнов. Гипотезы о происхождении глубокопогруженных высококонцентрированных рассолов. Связь рассолов с процессами галогенеза, ее геохимические индикаторы.

#### 5. Прикладные проблемы геохимии природных вод.

Воды хозяйственно-питьевого назначения, нормирование состава, основные нормируемые компоненты, их геохимическое поведение. Водоподготовка, связанные с ней экологические проблемы.

Минеральные лечебные воды, физиологически активные компоненты. Классификация минеральных вод по А.М.Овчинникову. Геотермальные воды как основа геотермальной энергетики, связанные с ними экологические проблемы. Промышленные подземные воды. Основные извлекаемые компоненты, применяемые технологии. Современные рудообразующие гидротермы - аналог рудообразующих систем геологического прошлого. Металлоносные рассолы, факторы формирования их состава, связь со стратиформными рудными месторождениями.

Сточные воды, основные методы очистки и обработки коммунальных стоков. Химические особенности рудничных вод при добыче основных типов твердых полезных ископаемых, методы их обезвреживания и утилизации.

### **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 работ.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы.

#### *Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля:*

1. Принцип единства природных вод В.И.Вернадского.
2. Морская и континентальная ветви вод.
3. Причина аномальных свойства воды как растворителя.
4. Влияние комплексообразования на растворимость минералов.
5. «Солнечная диаграмма» галогенеза Н.С.Курнакова.
6. Влияние биогеохимических процессов на состав природных вод (на примере сульфат-редукции).
7. Химический состав воды Мирового океана.
8. Природа постоянства состава океана в пространстве и в геологическом времени.
9. Влияние диагенеза на состав поровых вод морских осадков.
10. Сезонная динамика состава речной воды в умеренном климате.
11. Зональность состава речных вод на территории России.
12. Эвтрофикация водоемов, ее основные причины.
13. Основные факторы самоочищения водоемов.
14. Вертикальная гидрохимическая зональность подземных вод.
15. Обратная гидрохимическая зональность подземных вод, ее причины.
16. Использование бром-хлорного коэффициента для определения генезиса подземных рассолов.
17. Классификация минеральных вод А.Н.Овчинникова.
18. Промышленные воды, извлекаемые компоненты.
19. Нормирование качества воды питьевого назначения, используемые документы.
20. Основные методы очистки коммунальных сточных вод.

### ***Расчетные домашние задания:***

1. Расчет концентрации комплексного соединения, определение преобладающей формы элемента в системе с комплексообразованием.
2. Расчет диаграммы рН-Eh для системы заданного состава.
3. Расчет положения фигуративных точек составов вод на объединенной диаграмме природных вод М.Г.Валяшко. Нахождение траектории фигуративных точек воды при воздействии геохимического процесса.

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

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

1. Строение гидросферы и распределение вещества. Гидрологический цикл.
2. Вода как химическое вещество. Аномальность свойств воды и ее причины.
3. Формы нахождения химических элементов в водных растворах. Состояние заряженного иона в растворе, гидратация иона, комплексообразование.
4. Соотношение концентрации и активности, коэффициент активности. Уравнение Дебая-Хюккеля.
5. Взаимодействия в растворах. Закон действующих масс, константа реакции, применение для расчета равновесных состояний.
6. Реакции комплексообразования, применение констант комплексообразования для расчета равновесий форм нахождения элементов.
7. Геохимическое значение комплексообразования в природных водах.
8. Растворимость, произведение растворимости. Влияние комплексообразования на растворимость минералов.
9. Кристаллизация солей при испарении воды, фазовые диаграммы испарения. Поведение микроэлементов при кристаллизации солей (на примере Br).
10. Последовательность осаждения солей при испарении морской воды; метастабильные состояния, "солнечная диаграмма" Н.С.Курнакова. Понятие о галогенезе.
11. Состояние воды в тонкопористой среде. Поровые воды, методы их изучения.
12. Классификации природных вод по минерализации и химическому составу.
13. Классификации природных вод по соотношениям компонентов.
14. Химический состав морской воды, закономерности изменения состава по латерали и вертикали, их причины.
15. Поровые воды морских осадков; процессы, меняющие их состав.
16. Эволюция состава океана во времени, геохимические признаки постоянства состава океана.
17. Речные воды. Химический состав, формирующие его процессы.
18. Зональность состава речных вод. Сезонная динамика состава рек и ее причины.
19. Эвтрофикация озер, ее причины и последствия. Влияние антропогенных факторов на процессы эвтрофикации. Самоочищение водоемов.
20. Галогенез. Рассолы и соли - продукты галогенеза; масштабы процесса галогенеза в истории Земли. Пути воздействия галогенеза на состав подземной гидросферы.
21. Происхождение подземных вод (инфильтрационное, седиментационное, смешанное), морская и континентальная ветви состава подземных вод.
22. Происхождение глубокопогруженных высококонцентрированных рассолов. Связь рассолов с процессами галогенеза, ее геохимические индикаторы.
23. Вертикальная гидрогеохимическая зональность подземных вод. Гидрохимическая карта подземных вод России, размещение генетических типов подземных вод в осадочной оболочке.
24. Обратная гидрогеохимическая зональность, ее причины.
25. Термальные воды, их состав и генезис. Минеральные лечебные воды.



26. Воды хозяйственно-питьевого назначения. Методы очистки и водоподготовки, связанные с ними экологические проблемы.
27. Промышленные подземные воды, основные извлекаемые компоненты.
28. Сточные воды. Основные методы очистки и обработки коммунальных стоков.

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

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: строения и состава гидросферы; законов, управляющих поведением элементов в природных водах; нормативных документов, определяющих качество воды	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: использовать физико-химические расчеты для определения миграционных свойств элементов	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать физико-химические расчеты.	Успешное умение использовать физико-химические расчеты применительно к природным водам.
Владения: методами графического изображения химического состава вод; основными классификациями природных вод по химическому составу.	Навыки владения графическими методами отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки использования графических методов изображения состав вод.	Владение графическими методами, использование их для решения генетических задач.

#### **8. Ресурсное обеспечение:**

##### **А) Перечень основной и дополнительной литературы.**

###### **- основная литература:**

Крайнов С.Р., Швец В.М. Гидрогеохимия. // М., Недра, 1992, 463 с.

###### **- дополнительная литература:**

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

Драйвер Дж. Геохимия природных вод. // М., Мир, 1985, 440 с.

Зверев В.П. Подземная гидросфера. Проблемы фундаментальной гидрогеологии. // М., Научный мир, 2011, 260 с.

- Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М. Геохимия подземных вод. Теоретические прикладные и экологические аспекты. Изд. 2-е, доп. // М., РАН, 2012, 677 с.
- Методы геохимического моделирования и прогнозирования в гидрогеологии. // Под ред. С.Р.Крайнова. М., Недра, 1988. Главы 2-6, с.16-109.
- Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А. М. Введение в экологическую химию. // М., Высшая школа, 1994, 400 с.
- Холленд Х. Химическая эволюция океана и атмосферы. // М., Мир, 1989. Главы 3, 9, с. 68-91, 435-538.
- Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд. // М., Недра, 1998, 366 с.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения: пакет программ Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint (при необходимости)

В) программное обеспечение и Интернет-ресурсы – специализированное лицензионное программное обеспечение не требуется.

Д) Материально-техническое обеспечение: - персональные компьютеры.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Гричук Д.В.

11. Автор (авторы) программы – Гричук Д.В.