

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан геологического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова
чл.-корр. РАН Еремин Н.Н.



«25» сентября 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Вар Гидрогеохимия

Уровень высшего образования:

бакалавриат

Направление подготовки/ специальность:

05.03.01 Геология

Профиль программы бакалавриата:

Гидрогеология

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № 6 от 8 сентября 2025 г.)

Москва 2025

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 05.03.01 Геология, утвержденным приказом по МГУ от 30.12.2016 № 1674 (в действующей редакции).

Год (годы) приема на обучение – 2024.

© 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 "Гидрогеохимия" является освоение студентами теоретических основ гидрохимии природных вод и закономерностей процессов формирования их химического состава, понятия о геохимических барьерах, существующих классификаций подземных вод по химическому составу и 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.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе "Гидрогеохимия" излагаются следующие проблемы:

- компоненты химического состава природных вод (минеральные и органические вещества, растворенные газы), значения pH и Eh
- закономерности формирования химического состава подземных вод
- закономерности миграции химических элементов в водных средах
- принципы формирования классификаций подземных вод по химическому составу.
- закономерности накопления токсичных элементов свыше ПДК в естественно-природных условиях
- особенности различных видов техногенного загрязнения.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный блок, обязательная, курс – III, семестр – 5.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Общая геология», «Основы неорганической химии», «Аналитическая химия (краткий курс)», «Минералогия с основами кристаллографии», «Петрография», «Литология».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-1 на уровне бакалавриата, ОПК-2 на уровне бакалавриата, ОПК-3 на уровне бакалавриата	ОПК-1.Б – способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично). ОПК-2.Б	Знать: физико-химические законы, управляющие поведением элементов в природных водах; основные генетические типы природных вод, их макро-и микрокомпонентный состав условия распространения различных генетических типов подземных вод, методы,

	– способен использовать знание теоретических основ фундаментальных геологических дисциплин при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности (формируется частично). ОПК-3.Б – способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично);	применяемые при водоподготовке и при очистке сточных вод; нормативные документы, определяющие качество природных и питьевых вод Уметь: анализировать химический состав подземных вод, выделять различные генетические (гидрохимические) типы природных вод, Владеть: навыками 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
СПК-1 на уровне бакалавриата	СПК-1.Б (1) – способен проводить поиск, критический анализ, обобщение и систематизацию научной информации в области гидрогеологии (формируется частично).	Владеть: навыками поиска и критического анализа научной информации в области гидрогеохимии.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 академических часов), в том числе **32** академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции и семинары вместе), **76** академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графические работы	с Работа литературой	Подготовка реферата	к Подготовка контрольным работам	Всего
Тема (раздел) 1. Введение	2	2			2					
Тема (раздел) 2 Основные растворенные компоненты подземных вод. Живое вещество подземных вод (бактерии)	10	2		2	4		6			6
Текущая аттестация 1: контрольная работа	5			1	1				4	4
Тема (раздел) 3: Процессы формирования химического состава подземных вод:	18	4		4	8		10			10
Текущая аттестация 2: контрольная работа	5			1	1				4	4

Тема (раздел) 4: Закономерности миграции и накопления элементов в подземных водах.	10	2			2		8			8
Текущая аттестация 3: контрольная работа	5			1	1				4	4
Тема (раздел) 5: Гидрохимическая зональность. Генетические типы подземных вод	7	1			1		6			6
Тема (раздел) 6: Представление результатов химических анализов Классификации подземных вод по химическому составу.	19	1		2	3	8	8			16
Текущая аттестация 4: контрольная работа	6			2	2				4	4
Тема (раздел) 7. Нормируемые микрокомпоненты подземных вод, понятие о предельно допустимых концентрациях (ПДК). Характерные элементы техногенно загрязненных вод. Типы техногенных вод	18	4		2	6		12			12
Текущая аттестация 5: контрольная работа	3			1	1				2	2
	108	16		16	32	8	50		18	76
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>		<i>зачет</i>								
Итого	108	32				76				

Содержание разделов дисциплины

Введение. Предмет и методы гидрогеохимии. История гидрогеохимии

Определение гидрогеохимии. Объект гидрогеохимии. Взаимоотношение гидрогеохимии с другими науками. Возникновение гидрогеохимии. Работы Д.И. Менделеев, В.И. Вернадского, И.А. Каблуков, Н.С. Курнаков, Г.Г. Уразов, А.К. Бергман, М.Г. Валяшко, О.А. Алекин и др. Методологические основы современных гидрохимических исследований. Роль моделирования природных гидрохимических процессов.

Раздел 1. Компонентный состав подземных вод

Понятие о ионно-солевом комплексе пород и происхождении растворенных веществ в подземных водах. Формирование макро- и микрокомпонентного состава растворенных веществ в подземных водах и определение общей минерализации растворов. 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, виды биохимических реакций и условия их протекания

Раздел 2. Процессы формирования химического состава подземных вод

Типы основных процессов, формирующих химический состав подземных вод (растворение и выщелачивание, кристаллизация, комплексообразование, сорбция и ионный обмен).

Растворение: конгруэнтное и инконгруэнтное, гидролиз. Изменение pH природных растворов, вследствие гидролиза растворенных соединений. Процессы растворения с участием реакций комплексообразования и окислительно-восстановительных реакций. Состав растворов, образующихся при растворении основных пород (силикаты, карбонаты, сульфаты, хлориды) и породообразующих минералов

Кристаллизации: процессы испарительного и мерзлотного концентрирования, последовательность осаждения солей, при природном концентрировании растворов. Кристаллизация вследствие изменения Eh-pH и P-T условий. Прогноз отложения карбоната кальция по методу Ланжелъе.

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 и ограничительные условия протекания биохимических реакций.

Раздел 3. Миграция элементов в водной среде

Внутренние и внешние факторы миграции элементов

Миграционные формы элементов (катионогенные и анионогенные, комплексообразователи). Деление на консервативные и неконсервативные элементы, по отношению к миграции в подземных водах.

Понятие о геохимических барьерах (по А.И. Перельману). Контрастность и классификация геохимических барьеров. Типичные примеры осаждения веществ на геохимических барьерах (с разбором условий протекания химических реакций). Природные и техногенные геохимические барьеры.

Особенности миграции макрокомпонентов (по М.Г. Валяшко)

Раздел 5. Гидрохимическая зональность. Генетические типы подземных вод.

Закономерности зональности по площади (широтной, климатической). Химический состав подземных вод провинции криолитозоны, гумидной и аридной областей

Закономерности формирования зональности по глубине залегания (глубинной, вертикальной). Понятие о нормальном и инверсионном гидрохимических разрезах. Связь гидрохимической и гидродинамической зональностей. Аномальные гидрохимические разрезы в области активного водообмена. Генетические типы глубинных вод по классификации В.А. Сулина.

Гидрохимические типы вод инфильтрационно-атмосферного генезиса: источники питания и нахождение в геологическом разрезе. Основные типы: сульфатный, карбонатный (содовый), хлоридно-магниевый.

Раздел 6. Представление результатов химических анализов. Классификации подземных вод по химическому составу

Обработка химического состава раствора с выводом формулы ионного состава (краткий вариант формулы Курлова). Представление концентрации раствора в виде молярной, моляльной и нормальной концентраций. Разбор пересчета концентраций раствора из одной формы выражения в другую.

Ознакомление с основными принципами химических классификаций природных вод: классифицирование по принципу преобладающих ионов и на основе генетических коэффициентов. Знакомство с классификациями В.А. Сулина и О.А. Алекина.

Раздел 7. Понятие о загрязнении вод питьевого назначения.

Допустимые концентрации (ПДК) токсичных элементов в водах, используемых в хозяйственно-питьевом водоснабжении.

Условия природного накопления некоторых нормируемых элементов (стронций, железо, марганец, ртуть, мышьяк, селен, фтор) в пресных водах, в количествах превышающих ПДК.

Микрокомпоненты, характеризующие техногенное загрязнение подземных вод: особенности накопления и осаждения соединений азота, фосфора, металлов (Cu, Zn, Pb и др.), нефтепродуктов, радиоактивных веществ.

Характеристика химического состава подземных вод районов техногенного загрязнения: водоотливы угольных шахт, воды зон окисления рудных месторождений, воды полигонов твердых бытовых отходов.

6. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Для текущего контроля студенты в начале каждой лекции (кроме первой и последней) выполняют 10-минутное тестовое задание по материалу предыдущей лекции (всего 13 тестовых заданий). Результат каждого задания оценивается по пятибалльной шкале и суммарный результат учитывается при сдаче зачета.

Примеры тестовых заданий:

Задание № 1.

1. В состав макрокомпонентов ионы Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} входят:
 - а) всегда
 - б) периодически
 - в) никогда
2. Макрокомпоненты в природных водах содержатся в количестве:
 - а) больше 1 мг/л
 - б) меньше 1 мкг/л
 - в) меньше 1 мг/л
3. Макрокомпоненты определяют минерализацию подземных вод:
 - а) всегда
 - б) периодически
 - в) никогда

2. В состав растворенных газов грунтового водоносного горизонта O_2 входит:
 - а) всегда
 - б) периодически
 - в) никогда
3. В незагрязненных грунтовых водах гуминовые кислоты содержатся:
 - а) всегда
 - б) периодически
 - в) никогда
4. В незагрязненных грунтовых водах соединения нефтяного ряда содержатся:
 - а) всегда
 - б) периодически
 - в) никогда
5. Элементы Sr, Cu, As, Rb, Ba в составе подземных вод являются микрокомпонентами:
 - а) всегда
 - б) периодически
 - в) никогда

Задание № 3

1. Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП-Eh) измеряется:
 - а) в мВ
 - б) в мг/л
 - в) в мг-экв/л
2. Значения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП-Eh) с углублением водоносных горизонтов:
 - а) уменьшаются
 - б) увеличиваются
 - в) остаются постоянными
3. При растворении в воде CO_2 значения pH раствора:
 - а) уменьшаются
 - б) увеличиваются
 - в) остаются постоянными
4. При растворении в воде O_2 образуется химическое соединение:
 - а) никогда
 - б) всегда
 - в) периодически
5. Живое вещество подземных вод представлено преимущественно:
 - а) водорослями
 - б) бактериями
 - в) вирусами

Задание 5

1. Неконсервативными элементами по отношению к водной миграции являются:
 - а) SO_4^{2-}
 - б) Cl^-
 - в) Na^+
2. На окислительном барьере при увеличении ОВП-Eh осаждаются:
 - а) окислы железа
 - б) окислы урана
 - в) окислы магния
3. На сорбционном глинистом барьере осаждаются:
 - а) катионы
 - б) анионы
 - в) катионы и анионы
4. Миграцию K^+ в подземных водах затрудняет:

- а) сорбционные процессы
- б) увеличение температуры
- в) увеличение минерализации

5. Назвать ограничительные условия для протекания биохимических реакций:

- а) величина минерализации раствора _____
- б) температура раствора _____

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Закономерности растворения минеральных веществ в подземных водах. Состояние стабильности раствора. Произведение растворимости.
2. Влияние комплексообразования, ионного обмена, изменения окислительно-восстановительного состояния раствора на процессы растворения водовмещающих пород
3. Влияние давления, минерализации раствора, индивидуального состава газа на растворение газов в подземных водах
4. Природные причины кристаллизации вещества из раствора (испарительное концентрирование, вымораживание, изменение термодинамических условий, смешение вод)
5. Закономерности осаждения солей из почвенно-грунтовых вод и океанической воды (галолиз).
6. Закономерности формирования широтной гидрохимической зональности
7. Закономерности формирования глубинной нормальной гидрохимической зональности
8. Закономерности формирования глубинной инверсионной гидрохимической зональности
9. Принципы классифицирования подземных вод по химическому составу.
10. Закономерности протекания аэробных и анаэробных биохимических реакций. Биохимическое преобразование растворенных форм серы, азота, углерода.
11. Миграционные формы элементов в подземных водах, консервативные и неконсервативные элементы.
12. Типы гидрохимических барьеров. Накопление макрокомпонентов в подземных водах в связи с прохождением геохимических барьеров.
13. Накопление токсичных элементов в количестве превышающем ПДК в гидрокарбонатно-натриевых и сульфатно-натриевых водах.
14. Накопление элементов в количестве, свыше ПДК в водах, содержащих повышенные количества растворенных органических соединений.
15. Гидрохимическая характеристика элементов, характеризующих сельскохозяйственное, промышленное, коммунально-бытовое и радиоактивное загрязнения.
16. 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.
3. Определение генезиса водного раствора с использованием генетических коэффициентов Cl/Br , V/Br , Na/K .
4. Расчет давления насыщения смеси газов в пластовых условиях.
5. Расчет осаждения $CaCO_3$ при смешении двух вод по методам Ланжелю и Ризнера

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (зачет).

Оценка результатов обучения, соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания (<i>устный опрос контрольные работы</i>) физико-химические законы поведения элементов 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)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания по принципам формирования химического состава подземных вод
Умения (<i>устный опрос, расчетные работы</i>) 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	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера) правильно составлять формулы ионного состава подземных вод, применять классификацию В.А. Сулина и выделять генетические типы природных вод, выполнять расчетные задания на растворение или осаждение веществ.
Навыки (владения, опыт деятельности) (<i>устный опрос, реферат</i>) современными методами обработки результатов лабораторных и полевых исследований, в том числе, с выявлением соответствующих закономерностей и оценкой региональных закономерностей изменчивости гидрохимических условий	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме методов изучения химического состава подземных вод и способами представления результатов анализов, формулирование

		обобщающих выводов по генезису подземных вод
--	--	---

8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

Всеволожский В. А. Основы гидрогеологии. Изд. 2-е. М. МГУ. 2007. 440 с.
(печатное издание в библиотеке МГУ)

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: Гидрогеохимия (электронное издание)

- дополнительная литература:

Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швеи В.М. Геохимия подземных вод. М: Наука. 2004. 678 с. (печатное издание в библиотеке МГУ)

Драйер Дж Геохимия природных вод. М.: Мир. 1985. 440 с. (печатное издание в библиотеке МГУ)

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

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

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

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

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

Appelo C.A.J., Postma D. Geochemistry, groundwater and pollution. – A.A. Balkema Publishers, 2005.

Перечень программного обеспечения:

- Перечень лицензионного программного обеспечения: пакеты программ Statistica; Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint.
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем: нет
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»: нет
 - Описание материально-технической базы
 - а) Лекционные аудитории с проектором и экраном.
 - б) Учебники, учебные пособия и другая рекомендованная литература, имеющаяся на кафедре и в библиотеке МГУ имени М.В. Ломоносова.

8. Язык преподавания – русский.

9. Преподаватель: доцент кафедры гидрогеологии геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, канд. геол-мин. наук, Киреева Татьяна Алексеевна.

10. Разработчик программы: доцент кафедры гидрогеологии, геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, канд. геол.-мин. наук Киреева Татьяна Алексеевна

Рабочий телефон: 8(495)939-21-12

e-mail: ta_kireeva@mail.ru