

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.



«18» декабря 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины (модуля):

Вар Коллоидная геохимия

Уровень высшего образования:
бакалавриат

Направление подготовки/ специальность:

05.03.01 Геология

Профиль программы бакалавриата:

Экологическая геология

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № 8 от 15 декабря 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 декабря 2020 г. № 1379 (в действующей редакции)..

Год (годы) приема на обучение – 2022.

© 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 «Коллоидная геохимия» является освоение современных методов исследования коллоидных геохимических систем и процессов на основе законов физической геохимии.

Задачи курса:

- овладение методами анализа коллоидных систем и их роли в накоплении микроэлементов в окружающей среде;
- изучение теоретических основ физико-химического анализа коллоидных процессов;
- овладение методами обработки и интерпретации данных статических и динамических экспериментов;
- формирование навыков применения знаний для решения геохимических задач в природных и техногенных системах.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Курс «Коллоидная геохимия» фокусируется на геохимических механизмах миграции и накопления микроэлементов в природных и техногенных системах через процессы, проходящие в коллоидных системах:

- введение в коллоидную геохимию;
- классификация коллоидных систем в геохимии;
- физические характеристики коллоидных фаз;
- поверхностные геохимические явления;
- молекулярно-кинетические свойства в геохимии;
- адсорбционные геохимические барьеры;
- электрические явления в коллоидных системах.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, профессиональные дисциплины по выбору, курс – IV, семестр – 8.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Общая геология», «Общая химия», «Основы неорганической химии», «Высшая математика», «Физика», «Коллоидная химия», «Общая геохимия», «Грунтоведение», «Основы физической геохимии», «Химия и токсикология окружающей среды», «Экологическая геохимия» и «Экологическая геохимия природных вод».

Дисциплина необходима для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ, а также в качестве предшествующей для дисциплин магистерских программ профиля «Геохимия».

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. И-1. Применяет знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично). ОПК-2.Б. И-1. Использует знание теоретических основ фундаментальных геологических дисциплин при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности (формируется частично). ОПК-3.Б. И-1. Решает стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично).	Знать: теоретические основы, принципы и методы физико-химического анализа коллоидных геохимических процессов, возможности и ограничения экспериментальной методологии при изучении геохимических процессов в системах с фазами коллоидной размерности, способы получения информации при проведении опытов. Уметь: выполнять физико-химические и термодинамические расчеты при анализе природных коллоидных систем в широком диапазоне условий, интерпретировать результаты экспериментов для условий протекания природных процессов. Владеть: навыками самостоятельной реализации методов исследования коллоидных систем и интерпретации полученных результатов.

4. Объем дисциплины составляет 2 з.е., 72 академических часа, (22 часа – занятия лекционного типа, 50 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма текущего контроля – письменные экспресс-опросы, расчетные задачи. Форма промежуточной аттестации – зачёт.

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, часы¹</i>				Самостоятельная работа обучающегося (выполнение практических работ), часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Практические/лабораторные занятия	Всего	
Тема 1. Введение в коллоидную геохимию	6	2			2	Подготовка к письменному опросу, выполнение задания, работа с литературой, 4 часа.
Тема 2. Типы коллоидных систем	6	2			2	Подготовка к письменному опросу, выполнение задания, работа с литературой, 4 часа.
Тема 3. Физические характеристики коллоидных фаз	6	2			2	Подготовка к письменному опросу, выполнение задания, работа с литературой, 4 часа.
Тема 4. Поверхностные геохимические явления	7	3			3	Подготовка к письменному опросу, выполнение задания, работа с литературой, 4 часа.
Тема 5. Механизмы разделения и фильтрации фаз	7	3			3	Подготовка к письменному опросу, выполнение задания, работа с литературой, 4 часа.
Тема 6. Молекулярно-кинетические свойства в геохимии	7	3			3	Подготовка к письменному опросу, работа с литературой, 4 часа.

¹ Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа, групповых консультаций или индивидуальной работы с обучающимися

Тема 7. Адсорбционные геохимические барьеры	10	4			4	Подготовка к письменному опросу, выполнение задания, работа с литературой, подготовка доклада, 6 часов.
Тема 8. Электрические явления в коллоидных системах	7	3			3	Подготовка к письменному опросу, работа с литературой, 4 часа.
Промежуточная аттестация <u>зачёт</u> ²	16					16
Итого	72	22				50

² Время для подготовки к промежуточной аттестации в форме **зачета** выделяется из часов самостоятельной работы обучающихся. Промежуточная аттестация в форме **экзамена** проводится во время экзаменационной сессии, предусмотренной графиком учебного процесса.

Содержание разделов дисциплины:

Содержание лекционных занятий

Тема 1. Введение в коллоидную геохимию

Поверхностные явления. Поверхностное натяжение. Избыточная свободная энергия поверхности раздела фаз. Понятие коллоидных фаз в геохимии; отличие от классической геохимии растворов и твёрдой минеральной фазы. Коллоидные фазы как «микро-резервуары» редких, рассеянных и токсичных элементов в лито-, гидро-, педо- и биосфере. Роль коллоидной геохимии в системе геологических знаний: связь с геохимией текстур, гипергенезом, техногенной геохимией и экологической геохимией.

Тема 2. Типы коллоидных систем

Классификации дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды, по структуре дисперсной фазы, по интенсивности межфазных взаимодействий на поверхности раздела дисперсная фаза-дисперсионная среда и по числу характеристических размеров (или геометрической форме) частиц дисперсной фазы. Распространенные типы в геологии и геохимии. Основные классы коллоидных систем (жидкодисперсные, твёрдодисперсные, газодисперсные) и их геохимические примеры. Коллоидные системы в геохимии как: транспортные среды (коллоидный перенос элементов на сотни метров и километры); осадочные и сорбционные резервуары (глины, гидроксиды, гумусовые горизонты); составные части геохимических барьеров и концентрационных зон.

Тема 3. Физические характеристики коллоидных фаз

Характеристики степени раздробленности дисперсной фазы: определяющий размер, дисперсность и удельная поверхность; пересчёт на геохимически значимые масштабы (глина, тонкий осадок, коры выветривания). Геохимическая роль развитой поверхности в сорбции и концентрировании микроэлементов в почвах, осадках, рудных зонах. Факторы, определяющие ёмкость коллоидов по микроэлементам: минеральный состав, заряд поверхности, pH, ионный состав среды. Роль коллоидных фаз в формировании «скрытого» содержания редких и токсичных элементов, не выявляемых стандартными методами анализа.

Тема 4. Поверхностные геохимические явления

Капиллярные явления. Кривизна поверхности. Основной закон теории капиллярности. Геохимическая значимость капиллярных явлений, адгезии, когезии и смачивания в породах, почвах и осадках. Поведение капли на границе раздела фаз. Краевой угол смачивания. Закон Юнга. Влияние смачивания и краевого угла на миграцию водных растворов и коллоидных частиц в трещинах, порах и почвенных горизонтах. Связь капиллярных процессов с геохимическими барьерами и зонами концентрации. Особенность гидроморфных условий (болота, поймы, дельты), способствующая созданию мощных сорбционных зон в условиях сочетания капиллярных сил и высокой дисперсности глин и гидроксидов металлов.

Тема 5. Механизмы разделения и фильтрации фаз

Диализ и ультрафильтрация как природные разделительные процессы. Фильтрационные геохимические барьеры на коллоидных поверхностях (почвенные профили над загрязнёнными подземными водами, зоны перехода пресных и солёных вод, фильтрация через торфяно-глинистые слои). Разделение элементов на: истинно растворённую форму, коллоидно связанную и кристаллическую минеральную форму. Важность фракционирования проб в

геохимии. Экспериментальные и аналитические методы разделения фаз в лаборатории. Геохимические последствия разделения и фильтрации.

Тема 6. Молекулярно-кинетические свойства в геохимии

Броуновское движение и подвижность коллоидных частиц. Влияние размера и плотности частиц на интенсивность движения. Седиментация и гравитационная фильтрация коллоидных фаз. Коагуляция и флокуляция в геохимических системах. Влияние pH, Eh и ионной силы раствора на стабильность и подвижность коллоидов. Роль гидродинамических условий (скорость потока, турбулентность, застойные зоны) на длительность переноса и место осаждения коллоидно связанных элементов. Формирование профилей распределения микроэлементов в почвах, осадках и рудных зонах гипергенеза, определяемых чередой дисперсии, переноса и осаждения коллоидов. Важность понимания молекулярно-кинетических свойств для прогноза миграции загрязнителей и оценки долговременной устойчивости геохимических барьеров.

Тема 7. Адсорбционные геохимические барьеры

Адсорбция на коллоидных носителях как одним из главных механизмов концентрации и задержки микроэлементов в природных и техногенных системах. Физическая и химическая адсорбция на частицах коллоидной размерности; различие для ионов металлов, анионов, органических молекул. Изотермы адсорбции и их применение к геохимическим системам (почвы, илы, гидрооксиды, глины). Роль адсорбционных барьеров в задержке тяжёлых металлов, редких элементов и органических загрязнителей; «память» среды о техногенной нагрузке. Влияние гидрохимического режима (pH, Eh, ионный состав). Важность временных гидрохимических колебаний (дождевые и паводковые режимы, техногенные сбросы) для изменения состояния адсорбционных барьеров и их «переключения» из пассивного режима в режим активного выделения элементов.

Тема 8. Электрические явления в коллоидных системах

Электрический потенциал поверхности минеральных и органических коллоидов; влияние состава раствора и pH. Электрокинетические эффекты (электроосмос, электрофорез) как элементы перераспределения заряженных частиц в поровых и трещинных системах. Связь зарядовых характеристик коллоидов с сорбцией и подвижностью токсичных ионов. Электрокинетические свойства и их влияние на миграцию заряженных частиц в геохимических процессах.

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 успеваемости студентов по курсу «Коллоидная геохимия» используются такие формы, как 10-минутный письменный опрос по материалам предыдущих лекций (всего 11). Результат каждого задания оценивается по системе «зачёт-незачёт», и суммарный результат учитывается при сдаче зачёта.

Примеры заданий в письменном опросе:

№2

1. Дисперсность –

2. Дано: $F = f(\quad)$

$F =$

$dF =$

3. Дисперсность частиц коллоидного золота равна 10^8 м^{-1} . Принимая частицы золота в виде кубиков, определите какую поверхность $S_{\text{общ}}$ они могут покрыть, если их плотно уложить в один слой. Масса коллоидных частиц золота 1 г. Плотность золота равна $19,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

№4

1. Поверхностное натяжение –

2. $\sigma = \left(\frac{\partial F}{\partial A} \right)$

3. Что больше поверхностное натяжение *жидкой воды* или *льда*?

4. Закон Юнга:

5. Каким должен быть *краевой угол* θ чтобы жидкость *смачивала* твердую поверхность?

Для текущего контроля студенты в ходе семестра по одной из тем готовят устный доклад с презентацией.

Примеры тем докладов:

1. Почему «чистая» вода не бывает чистой: роль природных коллоидов в переносе токсичных элементов.
2. Коллоидные «черные ящики» техногенных ландшафтов: как хвостохранилища переписывают геохимические карты региона.
3. Когда почва становится фильтром, а когда — источником: коллоидные барьеры с «двойным дном».
4. Коллоидный «шлейф» города: как пыль, аэрозоли и дорожные стоки формируют невидимую геохимию урбанизированных территорий.
5. Коллоидная геохимия климатических экстремумов: как паводки, засухи и лесные пожары «перезапускают» миграцию загрязнителей.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Что понимают под поверхностным натяжением и избыточной свободной энергией поверхности раздела фаз? Почему эти параметры важны для геохимии коллоидных систем?
2. Поясните понятие «коллоидная фаза» в геохимии. В каких формах и объектах лито-, гидро-, педо- и биосферы чаще всего проявляются коллоидные фазы?
3. В чём состоит геологическое и геохимическое значение коллоидных фаз как «микро-резервуаров» редких, рассеянных и токсичных элементов?
4. Какова роль коллоидной геохимии в системе геологических знаний? Приведите примеры её связи с другими науками.
5. Приведите основные принципы классификации дисперсных систем: по агрегатному состоянию фаз, по структуре дисперсной фазы, по интенсивности межфазных взаимодействий и по геометрической форме частиц.
6. Перечислите основные классы коллоидных систем (жидкодисперсные, твёрдодисперсные, газодисперсные) и приведите примеры для каждого класса.
7. Какие типы коллоидных систем наиболее распространены в геологии и геохимии?
8. Объясните, в каком смысле коллоидные системы могут рассматриваться как: а) транспортные среды, б) осадочные и сорбционные резервуары, в) составные части геохимических барьеров и концентрационных зон.
9. Почему учёт коллоидных систем важен при оценке миграции токсичных элементов?
10. Что такое определяющий размер частиц, дисперсность и удельная поверхность? Как эти характеристики связаны между собой?
11. Почему развитая удельная поверхность коллоидных фаз критически важна для сорбции и концентрирования микроэлементов в почвах, осадках и рудных зонах?
12. Какие факторы определяют ёмкость коллоидов по микроэлементам (минеральный состав, заряд поверхности, pH, ионный состав среды)? Приведите примеры.
13. Дайте определение капиллярных явлений. Как связаны кривизна поверхности, капиллярное давление и поверхностное натяжение?
14. Объясните геохимическую значимость капиллярных явлений, адгезии, когезии и смачивания для миграции растворов и коллоидных частиц в породах, почвах и осадках.
15. Что такое краевой угол смачивания? Закон Юнга и его вывод. Как изменение смачиваемости породы влияет на фильтрацию растворов и перенос коллоидов?
16. Приведите примеры связи капиллярных процессов с геохимическими барьерами и зонами концентрации элементов.
17. Чем гидроморфные условия (болота, поймы, дельты) выделяются с точки зрения коллоидно-геохимических процессов?
18. В чём суть процессов диализа и ультрафильтрации как природных разделительных механизмов? Какие формы элементов они разделяют?
19. Что такое фильтрационный геохимический барьер на коллоидных поверхностях? Приведите примеры таких барьеров.
20. Какой практический смысл имеет разделение элементов на истинно растворённую форму, коллоидно-связанную и кристаллическую минеральную форму?
21. Почему фракционирование проб (по размеру, по фазам, по формам нахождения элементов) является принципиально важным этапом в геохимической интерпретации?
22. Перечислите основные лабораторные методы разделения фаз и их применимость к геохимическим объектам.
23. Объясните природу броуновского движения и его роль в поддержании коллоидных частиц во взвешенном состоянии.

24. Как размер и плотность частиц влияют на их подвижность, седиментацию и дальность переноса в природных водных системах?
25. Что такое седиментация и гравитационная фильтрация коллоидных фаз? Как эти процессы участвуют в формировании донных осадков и геохимических барьеров?
26. Дайте определение коагуляции и флокуляции. Какие геохимические ситуации (изменение рН, Eh, солёности) приводят к коагуляции коллоидов?
27. Как рН, Eh, ионная сила раствора и гидродинамические условия (скорость потока, турбулентность, застойные зоны) совместно определяют профиль распределения микроэлементов в почвах, осадках и рудных зонах гипергенеза?
28. Почему адсорбция на коллоидных носителях рассматривается как один из главных механизмов концентрации и задержки микроэлементов в природных и техногенных системах?
29. В чём принципиальные отличия физической адсорбции для ионов металлов, анионов и органических молекул на коллоидных поверхностях?
30. Основные уравнения изотерм адсорбции. Каково их назначение?
31. Как адсорбционные барьеры обеспечивают «память» среды о техногенной нагрузке? Приведите примеры ситуаций, когда изменения рН или Eh приводят к вторичной миграции ранее адсорбированных элементов.
32. За счёт каких процессов формируется электрический заряд поверхности минеральных и органических коллоидов? Что такое двойной электрический слой?
33. Как рН и ионный состав раствора влияют на знак и величину поверхностного потенциала коллоидных частиц? Что такое изоэлектрическая точка?
34. Объясните сущность электроосмоса и электрофореза и их возможную роль в перераспределении заряженных частиц и элементов в поровых и трещинных системах.
35. Каким образом электрические и электрокинетические свойства коллоидных фаз влияют на устойчивость геохимических барьеров?

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Незачёт»	«Зачёт»
Знания: основ коллоидной геохимии, типов и свойств природных коллоидных фаз, их роли в миграции, накоплении редких и токсичных элементов, а также в формировании геохимических барьеров	Фрагментарные знания или их отсутствие	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания

Умения: выполнять физико-химические и термодинамические расчеты при анализе природных коллоидных систем в широком диапазоне условий, интерпретировать результаты экспериментов для условий протекания природных процессов	Не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)
Владения: навыками самостоятельной реализации методов исследования коллоидных систем и интерпретации полученных результатов	Наличие отдельных навыков владения методами исследования коллоидов или их отсутствие	Сформированные навыки использования методов исследования коллоидных систем (а в идеале их успешное применения для решения реальных задач)

7. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной литературы

– основная литература:

1. Алексеенко В.А., Алексеенко Л.П. Геохимические барьеры. – М.: Логос, 2003. – 144 с.
2. Савенко В.С., Савенко А.В. Экспериментальные методы изучения низкотемпературных геохимических процессов. – М.: ГЕОС, 2009. – 303 с.
3. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии. – М.: Академия, 2006. – 240 с.
4. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии. – Л.: Химия, 1995. – 400 с.
5. Чухров Ф.В. Коллоиды в земной коре. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1955. – 672 с.
6. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). – Сыктывкар: Геопринт, 2011. – 742 с.

– дополнительная литература:

Холодов В.Н. Проблема геохимии железа и марганца в осадках морей и океанов. – М.: РАН, 2023. – 232 с.

Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

–

Материально-технического обеспечение:

- помещения – аудитория, рассчитанная на группу из 10 учащихся; с меловой или магнитно-маркерной доской;
- оборудование – мультимедийный проектор, компьютер, экран.

8. Язык преподавания – русский.

9. Преподаватель: к.г.-м.н. Фяйзуллина Р.В.

10. Разработчик программы: к.г.-м.н. Фяйзуллина Р.В.