

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

УТВЕРЖДАЮ
и.о. декана Геологического факультета
чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Ерёмин/

« ___ » _____ 20__ г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физико-химическая механика грунтов

Авторы-составители: В.Н. Соколов, М.С. Чернов

Уровень высшего образования:
Магистратура (ИМ)

Направление подготовки:
05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:
Гидрогеология, инженерная геология, геокриология

Магистерская программа
«Инженерная геология»

Форма обучения:
Очная

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

Москва

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*).

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.

Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физико-химическая механика грунтов» является получение студентами навыков использования научных достижений в области исследования поверхностных сил и поверхностных явлений в гетерогенных системах, устойчивости коллоидных систем, изучение химико-минерального состава и микростроения дисперсных минеральных систем, в теории контактных взаимодействий для объяснения природы формирования прочности и прогноза деформационного поведения дисперсных грунтов, находящихся в различных термодинамических условиях.

Задачи. Основной задачей освоения дисциплины «Физико-химическая механика грунтов» является переход от феноменологических позиций понимания поведения дисперсных грунтов на объяснение взаимосвязи их прочностных и деформационных свойств с природой и закономерностями внутренних процессов, происходящих в них, и имеющих в основном физико-химический характер.

Частными задачами являются изучение влияния на прочность и деформационное поведение глинистых грунтов их химико-минерального состава, микростроения, особенностей структурообразования, а также различных физико-химических факторов, таких как влажность и температура грунта, рН среды, состав и концентрация электролита, присутствие в поровом растворе ПАВ и органического вещества и др.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Лекционная часть курса состоит из введения и 5 разделов. Первые два раздела посвящены рассмотрению состава дисперсных грунтов и поверхностным явлениям, происходящим на границе минерал-вода. В третьем разделе рассматриваются поверхностные силы и закономерности структурообразования в дисперсных грунтах. Теория контактных взаимодействий рассмотрена в 4-ом разделе. Пятый заключительный раздел посвящен рассмотрению объемных изменений, прочности, а также процессов деформирования и ползучести грунтов с позиций физико-химической механики.

Семинары посвящены закреплению освоенного материала по курсу, текущему контролю знаний, а так же практическому знакомству с современными методами количественного анализа состава и микроструктуры дисперсных грунтов и методикой интерпретации получаемых данных.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП – относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:

базируется на знаниях по дисциплинам: «Высшая математика»; «Физика»; «Общая химия»; «Химия физическая, коллоидная»; «Инженерная геология, часть 1. Грунтоведение»; «Механика грунтов». Дисциплина необходима для проведения студентами научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-2.М Способен применять на практике	М.ОПК-2. И-1. Использует на	<i>Знать:</i> основные положения теории формирования свойств дисперсных

знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки при решении задач профессиональной деятельности.	практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки, при решении исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.	грунтов при литогенезе под действием различных физико-химических факторов.
ПК-2.М. Способен самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (формируется частично).	М.ПК-2. И-3. Обрабатывает полученные результаты, формулирует выводы и рекомендации по использованию полученных результатов.	Уметь: анализировать данные минерального и микроструктурного анализов, а также результаты прочностных и деформационных испытаний дисперсных грунтов.
СПК-4.М (2). Способен составлять прогноз развития природных и природно-техногенных процессов, в том числе на базе их мониторинга	М-СПК-4(2). И-1. Владеет навыками прогноза поведения грунтов и развития природно-техногенных процессов	Уметь: выбирать физико-химические модели для оценки прочности структурных связей между структурными элементами различных типов дисперсных грунтов. Владеть: навыками объяснения природы формирования прочности и прогноза изменения свойств дисперсных грунтов при изменении термодинамических условий среды.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет **3** з.е., в том числе **42** академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**28** часов – занятия лекционного типа, **14** часов – занятия семинарского типа). **66** академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических 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 семинарского типа	Всего	Работа с литературой (включая подготовку реферата)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Введение. Раздел 1. Условия образования и состав дисперсных грунтов.	13	3		3	6	4		10
Раздел 2. Жидкая компонента грунтов и поверхностные явления на границе минерал-вода.	18	3	3	6	6	6		12
Раздел 3. Поверхностные силы и закономерности структурообразования в дисперсных грунтах.	20	6	3	9	4		7*	11
Раздел 4. Теория контактных взаимодействий в дисперсных грунтах.	25	6	3	9	10	6		16
Раздел 5. Объемные изменения в дисперсных грунтах.	14	6	3	9	5			5
Раздел 6. Прочность, деформирование и ползучесть грунтов с позиций физико-химической механики.	18	4	2	6	5		7	12
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>		<i>Устный экзамен</i>						
Итого	108	42			66			

*Текущий контроль успеваемости проводится в рамках семинарских занятий.

Содержание разделов дисциплины

Содержание лекционных занятий

Раздел 1. Введение. Условия образования и состав дисперсных грунтов.

Объект и задачи курса, его методологическая основа. Связь курса с грунтоведением и другими смежными дисциплинами.

Минералы дисперсных грунтов как структурные элементы. Морфометрические особенности структурных элементов: размер, форма, характер поверхности, поверхностные минеральные пленки. Удельная поверхность, поверхностные силы и свободная энергия структурных элементов.

Глинистые минералы, особенности их кристаллохимического строения и энергетического состояния. Специфические свойства глинистых минералов.

Раздел 2. Жидкая компонента грунтов и поверхностные явления на границе минерал-вода.

Состав и свойства жидкой компоненты грунтов, ее изменения при диагенезе и гипергенезе.

Процессы гидратации минералов и образование гидратных пленок адсорбционно-связанной воды. Структура и свойства тонких пленок связанной воды. Теория устойчивости граничных пленок. Структурная составляющая расклинивающего давления граничных гидратных пленок.

Двойной электрический слой. Механизм его образования у глинистых минералов. Основные положения теории двойного электрического слоя. Адсорбционный и диффузный слои. Влияние физико-химических факторов на двойной электрический слой. Двойной электрический слой и осмотические явления. Образование осмотической воды. Электростатическая составляющая расклинивающего давления.

Раздел 3. Поверхностные силы и закономерности структурообразования в дисперсных грунтах.

Природа поверхностных сил. Молекулярные силы между микрочастицами. Теории молекулярных сил. Вычисление энергии молекулярного взаимодействия между микрочастицами на основе микроскопической теории. Особенности молекулярного притяжения сферических и плоских микрочастиц. Влияние кривизны поверхности на молекулярное поле частиц.

Силы магнитной природы между микрочастицами. Условия их образования. Капиллярные силы в грунтах. Условия проявления капиллярных сил и расчеты их величин.

Процессы коагуляции микрочастиц. Теория ДЛФО. Закономерности развития коагуляции и гетерокоагуляции в различных физико-химических условиях.

Процессы структурообразования в осадках. Взаимодействие микрочастиц в "стесненных" условиях. Роль глинистых минералов в формировании структур песчано-глинистых осадков. Скелетные и ячеистые микроструктуры молодых осадков.

Преобразование микроструктур осадков при диагенезе. Роль физико-химических и механических факторов в этом процессе. Матричные, ламинарные и турбулентные микроструктуры глинистых грунтов.

Микроструктурные изменения в дисперсных грунтах при гипергенезе. Метастабильные структуры "чувствительных" глин. Микроструктуры лессов. Влияние процессов увлажнения и высушивания на формирование микроструктур лессов.

Особенности процессов структурообразования в дисперсных грунтах элювиального происхождения. Доменная, псевдоглобулярная и губчатая микроструктуры элювиальных глин.

Современные методы изучения микроструктур дисперсных грунтов.

Раздел 4. Теория контактных взаимодействий в дисперсных грунтах.

Типы контактов между структурными элементами дисперсных грунтов и условия их образования. Характер деформирования и разрушения дисперсных грунтов с различными

типами контактов. Зависимость состояния и свойств дисперсных грунтов от преобладающего типа контактов между структурными элементами. Прямые и косвенные методы изучения прочности индивидуальных контактов. Расчет количества и прочности контактов в дисперсных грунтах.

Раздел 5. Объемные изменения в дисперсных грунтах.

Объемные изменения грунтов при гидратации и дегидратации. Природа набухания и усадки грунтов. Структурные изменения при набухании и усадке. Факторы, определяющие развитие этих процессов.

Объемные изменения грунта при сжатии. Природа деформирования и виды деформаций. Поровое давление и теория эффективных напряжений.

Просадка лессовых грунтов. Механизм и закономерности просадки. Структурные изменения при просадке.

Раздел 6. Прочность, деформирование и ползучесть грунтов с позиций физико-химической механики.

Природа прочности крупнообломочных грунтов. Крупнообломочные грунты как природные композиты. Закономерности изменения прочностных свойств крупнообломочных грунтов.

Природа прочности песчаных грунтов. "Сухое" трение на контактах и его зависимость от минерального состава песчаных зерен. Влияние воды и минеральных пленок на прочность песков. Явление дилатансии в песках.

Природа прочности глинистых грунтов. Трение на контактах глинистых минералов. Физическая сущность "сцепления" глинистых грунтов. Влияние степени литификации и физико-химических факторов на величину сцепления и угол внутреннего трения. Структурные изменения при сдвиге и их связь с дилатансией. Поровое давление и его влияние на прочность глин.

Реологические явления в грунтах. Природа и механизм реологических процессов. Релаксация напряжений. Характер деформирования жидких и твердых тел в зависимости от соотношения времени релаксации и времени действия нагрузки. Реологические модели и их применение в механике грунтов.

Объемное деформирование грунтов во времени. Первичная и вторичная консолидация, способы описания.

Ползучесть грунтов при сдвиге. Реологические кривые сдвига. Порог ползучести. Вязкость и ее зависимость от напряжения сдвига. Структурные изменения при ползучести. Влияние порового давления и дилатансии на ползучесть грунтов. Природа длительной прочности глин. Неоднородность контактов как основной фактор ползучести. Макро- и микрореологические модели глин.

Содержание семинарских занятий

1. Количественный фазовый анализ глинистых грунтов рентгеновским методом.
2. Количественный анализ микроструктуры глинистых грунтов с помощью РЭМ.
3. Доклады студентов по темам рефератов (с презентацией).
4. Определение прочности единичного контакта.
5. Доклады студентов по темам рефератов (с презентацией).

Семинарские занятия по курсу состоят в выполнении задач с помощью современных физико-химических исследований, обработки данных с применением персонального компьютера и интерпретации результатов.

Рекомендуемые образовательные технологии

Презентации лекционного материала, представление доклада по дисциплине в виде презентации за отведенное время, обсуждение рефератов с использованием презентаций.

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 защите каждым студентом реферата в виде устного доклада с презентацией, при контрольном опросе и письменной контрольной работе.

Примерный список тем рефератов:

1. Формирование микроструктур глинистых осадков.
2. Формирование микроструктур глинистых грунтов при диагенезе и катагенезе.
3. Физико-химические модели глинистых грунтов.
4. Расчет прочности индивидуальных контактов.
5. Инженерно-геологическая классификация глинистых пород по структурно-минеральным разновидностям.
6. Природа набухания глинистых грунтов.
7. Механизм и закономерности просадки лессовых грунтов.
8. Природа прочности песчаных грунтов.
9. Природа прочности глинистых грунтов.
10. Реологические модели и их применение в физико-химической механике грунтов.

Вопросы домашнего задания для самостоятельной подготовки студентов:

1. Чем отличается кристаллическая структура каолинита от монтмориллонита?
2. Какова причина образования осмотической воды?
3. Как влияют физико-химические факторы на двойной электрический слой?
4. Какова природа капиллярных сил? Приведите формулу расчета капиллярных сил для частиц сферической формы.
5. Какие существуют энергетические типы контактов между минеральными частицами в дисперсных грунтах?
6. Каковы микроструктурные изменения в лессовых грунтах при просадке?
7. Каково влияние степени литификации на величину параметра «сцепление» в глинистых грунтах?
8. Какие типы реологических моделей используют в механике грунтов?

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля:

1. Основные группы глинистых минералов
2. Специфические свойства глинистых минералов.
3. Глинистые минералы, особенности их кристаллохимического строения и специфические свойства глинистых минералов.
4. Глинистые минералы группы каолинита и смектита, особенности их кристаллохимического строения.
5. Минералы дисперсных грунтов как твердые структурные элементы.
6. Структурные элементы в глинистых грунтах. Морфометрические особенности структурных элементов.
7. Морфометрические особенности твердых структурных элементов: размер, форма, характер поверхности, поверхностные минеральные пленки.
8. Процессы гидратации минералов и образование гидратных пленок адсорбционно-связанной воды. Структура и свойства тонких пленок связанной воды.
9. Двойной электрический слой. Механизм его образования у глинистых минералов.
10. Основные положения теории двойного электрического слоя. Влияние физико-химических факторов на двойной электрический слой.
11. Двойной электрический слой и осмотические явления. Образование осмотической воды.
12. Основные положения теории двойного электрического слоя. Адсорбционный и диффузный слои.
13. Влияние физико-химических факторов на двойной электрический слой.

14. Структурная составляющая расклинивающего давления граничных гидратных пленок.
15. Молекулярные силы между микрочастицами. Теории молекулярных сил.
16. Вычисление энергии молекулярного взаимодействия между микрочастицами на основе микроскопической теории. Особенности молекулярного притяжения сферических и плоских микрочастиц.
17. Силы магнитной природы между микрочастицами. Условия их образования.
18. Капиллярные силы в грунтах. Условия проявления капиллярных сил и расчеты их величин.
19. Суммарные силы взаимодействия глинистых частиц. Теория ДЛФО.
20. Теория ДЛФО
21. Процессы коагуляции микрочастиц. Теория ДЛФО.
22. Закономерности развития коагуляции и гетерокоагуляции в различных физико-химических условиях.
23. Типы контактов и условия их образования. Характер деформирования и разрушения грунтов с различными типами контактов.
24. Геометрические и энергетические типы контактов между минеральными частицами в глинистых грунтах.
25. Зависимость состояния и свойств грунтов от преобладающего типа контактов.
26. Прямые и косвенные методы изучения прочности индивидуальных контактов. Расчет количества и прочности контактов в дисперсных грунтах.
27. Физико-химические модели глинистых грунтов. Расчет количества и прочности контактов в дисперсных грунтах.
28. Процессы структурообразования в осадках. Скелетные и ячеистые микроструктуры молодых осадков.
29. Преобразование микроструктур осадков при диагенезе. Роль физико-химических и механических факторов в этом процессе.
30. Преобразование микроструктур осадков при диагенезе. Матричные, турбулентные и ламинарные микроструктуры глинистых грунтов.
31. Особенности формирования микроструктур глинистых пород на стадиях катагенеза и метагенеза.
32. Природа набухания грунтов. Факторы, определяющие развитие этого процесса.
33. Просадка лессовых грунтов. Механизм и закономерности просадки.
34. Структурные изменения при набухании. Факторы, определяющие развитие этих процессов.
35. Типы микроструктур лессовых грунтов и их изменение при просадке.
36. Роль глинистых минералов в формировании микроструктур песчано-глинистых осадков. Скелетные и ячеистые микроструктуры молодых осадков.
37. Особенности процессов структурообразования в дисперсных грунтах элювиального происхождения. Доменная, псевдоглобулярная и губчатая микроструктуры элювиальных глин.
38. Инженерно-геологическая классификация микроструктур глинистых грунтов.
39. Классификация глинистых грунтов по микроструктурно-минеральным разновидностям

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (экзамен):

1. Глинистые минералы, особенности их кристаллохимического строения.
2. Структура и свойства тонких пленок связанной воды.
3. Природа набухания грунтов. Факторы, определяющие развитие этого процесса.
4. Минералы дисперсных грунтов, как структурные элементы. Морфометрические особенности структурных элементов.

5. Структурная составляющая расклинивающего давления граничных гидратных пленок.
6. Просадка лессовых грунтов. Механизм и закономерности просадки.
7. Специфические свойства глинистых минералов.
8. Двойной электрический слой. Механизм его образования у глинистых минералов.
9. Природа прочности глинистых грунтов. Физическая сущность "сцепления" глинистых грунтов.
10. Структура и свойства тонких пленок связанной воды.
11. Молекулярные силы между микрочастицами. Теории молекулярных сил.
12. Влияние степени литификации и физико-химических факторов на величину сцепления и угол внутреннего трения в глинистых грунтах.
13. Основные положения теории двойного электрического слоя. Влияние физико-химических факторов на двойной электрический слой.
14. Процессы структурообразования в осадках. Скелетные и ячеистые микроstructures молодых осадков.
15. Природа прочности песчаных грунтов. "Сухое" трение на контактах и его зависимость от минерального состава песчаных зерен.
16. Глинистые минералы, особенности их кристаллохимического строения и специфические свойства глинистых минералов.
17. Двойной электрический слой и осмотические явления. Образование осмотической воды.
18. Типы контактов и условия их образования. Характер деформирования и разрушения грунтов с различными типами контактов.
19. Морфометрические особенности структурных элементов: размер, форма, характер поверхности, поверхностные минеральные пленки.
20. Структурная составляющая расклинивающего давления граничных гидратных пленок.
21. Преобразование микроstructures осадков при диагенезе. Роль физико-химических и механических факторов в этом процессе.
22. Глинистые минералы, особенности их кристаллохимического строения.
23. Процессы коагуляции микрочастиц. Теория ДЛФО.
24. Структурные изменения при набухании и усадке. Факторы, определяющие развитие этих процессов.
25. Специфические свойства глинистых минералов.
26. Роль глинистых минералов в формировании структур песчано-глинистых осадков. Скелетные и ячеистые микроstructures молодых осадков.
27. Ползучесть грунтов при сдвиге. Реологические кривые сдвига.
28. Минералы дисперсных грунтов как структурные элементы.
29. Влияние физико-химических факторов на двойной электрический слой.
30. Преобразование микроstructures осадков при диагенезе. Матричные, ламинарные и турбулентные микроstructures глинистых грунтов.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания (<i>устный опрос</i>): основные положения теории формирования свойств дисперсных грунтов при литогенезе под	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания

действием различных физико-химических факторов.				
Умения (<i>устный опрос, реферат</i>): анализировать количественные данные минерального состава, микростроения и их влияние на результаты прочностных и деформационных испытаний грунтов.	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение анализировать данные минерального состава и микростроения.	Успешное умение анализировать данные минерального состава, микростроения и их влияние на результаты прочностных и деформационных испытаний грунтов.
Владение (<i>устный опрос, реферат</i>): навыки использования физико-химических моделей для оценки прочности структурных связей между структурными элементами в дисперсных грунтов.	Навыки использования физико-химических моделей отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки использования физико-химических моделей для оценки прочности структурных связей в дисперсных грунтов.	Полное владение навыками использования физико-химических моделей для оценки прочности структурных связей в дисперсных грунтов.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы

- основная литература:

1. Лабораторные работы по грунтоведению: учеб. пособие для студентов / Под ред. В.Т. Трофимова и В.А. Королева. М.: КДУ, 2017 (<https://nbmgu.ru/order/storing.aspx?uid=49638a79-2285-4eea-94c6-4830658c591b&cat=BOOK&db=BOOK>)
2. Осипов В.И., Соколов В.Н. Глины и их свойства. Состав, строение и формирование свойств. Москва.: ГЕОС, 2013. 576 с. (<http://www.nbmgu.ru/order/storing.aspx?uid=ff0ef7c6-502e-48cc-bd79-78f9f528cda3&cat=book&db=BOOK>)
3. Осипов В.И., Соколов В.Н., Еремеев В.В. Глинистые покрышки нефтяных и газовых месторождений. М.: Наука, 2001. 238 с. (<http://www.nbmgu.ru/order/storing.aspx?uid=c12b496c-f9c2-4689-b912-409204a1835a&cat=book&db=BOOK>)

- дополнительная литература:

1. Осипов В.И. Природа прочностных и деформационных свойств глинистых пород. М.: Изд-во МГУ, 1979. 231 с.

2. Осипов В.И., Соколов В.Н., Румянцева Н.А. Микроструктура глинистых пород. М.: Недра, 1989. 211 с.
3. Теоретические основы инженерной геологии. Физико-химические основы/ Под ред. Е.М.Сергеева. М.: Недра, 1985. 288 с.
4. Физико-химическая механика природных дисперсных систем/ Под ред. Е.Д.Щукина, И.В. Перцева, В.И.Осипова, Р.И. Злочевской. М.: Изд-во МГУ, 1985. 263 с.
5. Поверхностные пленки воды в дисперсных структурах/ Под ред. Е.Д.Щукина. М.: Изд-во МГУ, 1988. 279 с.
6. Дерягин Б.В. Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок. М.: Наука, 1986. 206 с.
7. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. М.: Высш. шк., 2007. 444 с.
8. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур // В кн.: Физико-химическая механика дисперсных структур. М.: Наука, 1966. С. 3-16.
9. Яминский В.В., Пчелкин В.А., Амелина Е.А., Е.Д.Щукин. Коагуляционные контакты в дисперсных системах. М.: Химия, 1982. 184 с.

Б) Программное обеспечение лицензионное: ПО “STIMAN 3D”

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com
- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <https://www.elibrary.ru>

Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- поисковая система научной информации www.scopus.com
- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

Д) Материально-техническое обеспечение:

Учебная аудитория с мультимедийным проектором.

Учебно-научные лаборатории современного исследовательского оборудования по изучению минерального состава и микростроения грунтов (рентгеновский дифрактометр, сканирующий электронный микроскоп, рентгеновский микротомограф).

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель: ответственный за курс – к.г.-м.н., с.н.с. кафедры инженерной и экологической геологии Михаил Сергеевич Чернов.

11. Разработчики программы – д.г.-м.н., проф., зав.лаб. кафедры инженерной и экологической геологии Вячеслав Николаевич Соколов; к.г.-м.н., с.н.с. кафедры инженерной и экологической геологии Михаил Сергеевич Чернов.