

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

Прочностные и деформационные свойства скальных грунтов

Автор-составитель: Фролова Ю.В.

Уровень высшего образования:

Магистратура (ММ)

Направление подготовки:

05.04.01 «Геология»

Магистерская программа

Гидрогеология, инженерная геология, геоэкология

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*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение – 2018.

© 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 освоения дисциплины “Прочностные и деформационные свойства скальных грунтов” является приобретение студентами теоретических знаний о физико-механических свойствах скальных грунтов и практическое освоение лабораторных методов их определения.

Главная задача курса заключается в развитии у студентов профессиональных навыков и знаний методики изучения физико-механических свойств скальных грунтов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, дисциплины по выбору, курс – II, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплины «Грунтоведение», желательно также освоение дисциплины «Скальные грунты».

Дисциплина может быть полезна для научно-исследовательской работы и выполнения выпускной квалификационной работы.

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

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

ОПК-2. Способность в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать, интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию (формируется частично).

ОПК-3. Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки.

ОПК-5. Способность представлять, защищать, обсуждать и распространять результаты своей профессиональной деятельности (формируется частично).

ОПК-6. Способность профессионально выбирать и использовать современное научное и техническое оборудование для решения научных и практических задач по профилю подготовки.

ПК-1. Способность самостоятельно проводить научные исследования с помощью современного оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

ПК-4. Способность к профессиональной эксплуатации современного полевого/лабораторного оборудования в соответствии с профилем подготовки (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать: классификации и основные типы скальных грунтов, прочностные и деформационные свойства скальных грунтов и их массивов и методы их определения, механизмы деформирования и разрушения скальных грунтов и массивов и методы их изучения; основные теории прочности; реологические и динамические свойства скальных грунтов и методы их определения.

Уметь: самостоятельно диагностировать и описывать скальный грунт, определять его прочностные и деформационные свойства на лабораторном оборудовании, обобщать и анализировать полученные данные;

Владеть: современными лабораторными методами изучения прочностных и деформационных свойств скальных грунтов, обработкой и интерпретацией полученных результатов.

4. Формат обучения – лекционные, семинарские и практические занятия

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 4 з.е., 144 академических часа, в том числе 70 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (14 часов – занятия лекционного типа, 12 часов – практические занятия, 44 часа – семинарские), 74 академических часов на самостоятельную работу обучающихся, из них 10 часов на мероприятия промежуточной аттестации. 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):

Курс «Прочностные и деформационные свойства скальных грунтов» направлен на получение студентами теоретических знаний о прочностных и деформационных свойствах скальных грунтов, процессах их деформирования и механизмах разрушения.

На практических занятиях студенты осваивают методику определения физико-механических свойств скальных грунтов, включая повторение стандартного комплекса лабораторных методов и знакомство с новыми оригинальными методиками.

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	Практические занятия	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Прочностные и деформационные свойства скальных грунтов		4	3	17	24	Обработка результатов лабораторных работ, подготовка рефератов, 20 часов
Раздел 2. Деформирование и разрушение скальных грунтов.		4	3	17	24	Обработка результатов лабораторных работ, подготовка рефератов, 20 часов
Раздел 3. Массивы скальных грунтов		3	3	10	16	Подготовка рефератов и докладов, 14 часов
Раздел 4. Реологические и динамические свойства скальных грунтов		3	3	-	6	Подготовка к контрольной работе, 10 часов
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>						10
Итого	144			70		74

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Прочностные и деформационные свойства скальных грунтов.

Понятие о скальных грунтах. Возникновение механики горных пород. Актуальность изучения скальных грунтов в настоящее время.

Физико-механические свойства скальных грунтов. Факторы, влияющие на физико-механические свойства (структурно-минералогические, режимы и условия испытаний). Виды испытаний.

Прочностные свойства. Прочность на одноосное сжатие. Размягчаемость. Морозостойкость. Прочность на растяжение. Прочность при трехосном сжатии. Сдвиговые характеристики. Паспорт прочности скального грунта. Анизотропия прочностных свойств.

Влияния режимов и условий испытаний на прочность пород. Масштабный эффект. Влияние абсолютного и относительного размеров образцов. Объемный и поверхностный масштабный эффект. Влияние трения на контактах торцевой поверхности образца и нагрузочных плит пресса (торцевой эффект). Влияние отклонения рабочей поверхности образцов от идеальной плоскости. Влияние направления приложения нагрузки. Влияние скорости нагружения. Влияние режима испытаний.

Деформационные свойства. Виды деформаций. Линейные, угловые, объемные деформации. Упругие и остаточные деформации. Абсолютные и относительные деформации. Диаграмма деформирования скального грунта при одноосном сжатии и растяжении. Определение деформационных характеристик при одноосном сжатии (статический и динамический методы). Методы расчета модуля деформации. Модули сдвига и объемной деформации. Корреляционная взаимосвязь между статическим и динамическим модулями деформации. Анизотропия упругих свойств

Раздел 2. Деформирование и разрушение скальных грунтов.

Диаграмма деформирования и разрушения хрупкого материала. Полная диаграмма деформирования скального грунта в условиях сжатия. Деформирование скальных грунтов при одноосном сжатии, растяжении, объемном сжатии. Влияние бокового давления на характер деформирования и разрушения.

Механизмы разрушения горных пород и методы их исследования. Стадии разрушения. Теории прочности (механические, деформационные, кинетические).

Раздел 3. Массивы скальных грунтов

Понятие "массив скальных грунтов". Факторы, влияющие на физико-механические свойства скального массива.

Трещиноватость. Уровни трещиноватости. Генезис трещин; первичные и вторичные трещины. Классификации трещин по геометрическим размерам, интенсивности, степени выраженности, заполнителю, шероховатости стенок и пр. Ориентировка трещин. Системы трещин, способы представления. Геометрическая классификация сетей трещин. Количественные показатели трещиноватости

Механические свойства трещин. Идеализированные модели, экспериментальные определения, эмпирические уравнения.

Раздел 4. Реологические и динамические свойства скальных грунтов.

Реологические свойства: ползучесть, релаксация напряжений, длительная прочность. Методы определения реологических свойств. Кривая ползучести. Стадии ползучести. Кривая длительной прочности. Влияние скорости нагружения на прочностные и деформационные свойства. Общие закономерности изменения свойств пород при увеличении времени действия нагрузки

Динамические свойства. Динамические нагрузки. Понятие усталостного разрушения. Предел усталости (усталостная прочность). Кривая Велера. Зависимость усталостной прочности от числа циклов нагружения. Характер разрушения в статических и динамических условиях. Долговечность. Факторы, контролируемые усталостные процессы (особенности грунта, параметры действующей нагрузки).

Содержание лекционных занятий

Лекция 1. Прочностные свойства скальных грунтов и методы их определения.

Лекция 2. Деформационные свойства скальных грунтов и методы их определения.

Лекция 3. Влияние условий и режимов испытаний на физико-механические свойства.

Лекция 4. Деформирование и разрушение скальных грунтов. Стадии и механизмы разрушения. Теории прочности.

Лекция 5. Массивы скальных грунтов. Трещиноватость.

Лекция 6. Эмпирические классификации скальных массивов.

Лекция 7. Реологические свойства. Динамические свойства.

Содержание практических и семинарских занятий

1. Определение деформационных свойств динамическим и статическим методами.

2. Изучение влияния водонасыщения на прочностные и упругие свойства скальных грунтов.

3. Изучение анизотропии прочностных и упругих свойств.

4. Определение прочностных и упругих свойств методом неразрушающего контроля (молоток Шмидта).

5. Оценка прочностных и деформационных свойств на основе эмпирического критерия разрушения Хоека-Брауна и геологического индекса прочности (GSI) (программа RocLab)".

6. Построение паспорта прочности скального грунта.

7. Изучение влияния размера образца на прочность (масштабный эффект).

8. Определение прочности на разрыв различными методами.

9. Определение прочности при трехосном сжатии.

Рекомендуемые образовательные технологии

Презентации, доклады, дискуссии, лабораторные испытания.

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 практических работ.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные работы.

Список заданий по обработке результатов лабораторных испытаний:

1. Определить деформационные характеристики скального грунта (модуль упругости и коэффициент Пуассона) динамическим и статическим методами. Сравнить полученные значения.
2. Проанализировать влияние водонасыщения на прочностные и упругие свойства скальных грунтов.
3. Выявить влияние ориентированных текстур скального грунта на прочностные и упругие свойства.
4. Определить прочностные и упругие свойства методом неразрушающего контроля (молоток Шмидта). Сравнить со значениями, полученными стандартными методами. Построить корреляционную кривую.
5. Рассчитать прочностные и деформационные свойства скального массива с помощью программы "Rocklab". Сопоставить результаты, полученные с использованием критериев разрушения Хоека-Брауна и Кулона-Мора. Определить характер разрушения (хрупкий, пластичный).

6. Определить значения прочности на одноосное сжатие и разрыв скального грунта. Построить паспорт прочности. Рассчитать значения сцепление и угла внутреннего трения.
7. Определить прочность на одноосное сжатие серии образцов скального грунта цилиндрической формы с различным соотношением высоты и диаметра. Построить кривую зависимости величины прочности от геометрических размеров образца.
8. Определить прочность на разрыв скального грунта тремя методами (бразильским, раскалыванием плиток и встречными сферическими инденторами). Сравнить полученные значения.
9. Определить прочность образцов при трехосном сжатии (при различных величинах бокового давления), построить диаграмму Кулона-Мора, рассчитать сцепление и угол внутреннего трения.

Рекомендуемые темы докладов, рефератов:

1. Сравнение модулей упругости, полученных динамическим и статическим методами.
2. Определение прочностных и деформационных характеристик с помощью молотка Шмидта.
3. Использование эмпирических классификаций для определения свойств скального массива.
4. Реологические свойства горных пород.
5. Анизотропия прочностных и деформационных свойств горных пород.
6. Влияние размеров и формы образцов горных пород на их физико-механические свойства.
7. Влияние гидротермальной переработки на физико-механические свойства скальных грунтов.
8. Динамические свойства скальных грунтов
9. Применение метода акустической эмиссии для изучения процесса деформирования и разрушения скальных грунтов

Вариант контрольной работы

Вариант 1.

1. Прочность на одноосное сжатие скальных грунтов
2. Масштабный фактор (влияние абсолютного и относительного размера образца на прочность)
3. Сцепление и угол внутреннего трения скальных грунтов и методы определения
4. Понятие о геологическом индексе прочности (GSI)
5. Понятие о длительной прочности скальных грунтов
6. Кинетические теории прочности

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Понятие скальный грунт. Генетическая классификация и основные типы скальных грунтов. На каком основании грунты делятся на скальные и полускальные?
2. Актуальность изучения скальных грунтов в настоящее время.
3. Подготовка образцов для лабораторного исследования. Требования к образцам.
4. Стандартный комплекс методов по определению физических и физико-механических свойств скальных грунтов (плотность, плотность твердой фазы, пористость общая и открытая, водопоглощение, скорости упругих волн, деформационные свойства, прочностные свойства)
5. Прочность на одноосное сжатие.
6. Прочность на растяжение и методы определения.

7. Прочность при трехосном сжатии.
8. Сцепление и угол внутреннего трения скальных грунтов и методы определения.
9. Паспорт прочности скального грунта.
10. Морозостойкость.
11. Размягчаемость.
12. Деформационные свойства и методы их определения.
13. Определение упругих свойств динамическим методом.
14. Определение деформационных свойств при одноосном сжатии (статический метод).
15. Анизотропия прочностных и деформационных свойств.
16. Факторы, влияющие на физико-механические свойства скальных грунтов.
17. Геолого-минералогические факторы, влияющие на физико-механические свойства.
Примеры.
18. Влияние режимов и условий испытаний на физико-механические свойства
19. Масштабный фактор (влияние абсолютного размера образца).
20. "Торцевой эффект" при испытании образца скального грунта на сжатие.
21. Теории прочности.
22. Механизмы разрушения.
23. Стадии разрушения.
24. Полная диаграмма деформирования скального грунта в условиях одноосного сжатия (жесткий режим). Стадии деформирования.
25. Деформирование скальных грунтов при гидростатическом сжатии ($\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$)
26. Понятие "скальный массив". Факторы, влияющие на физико-механические свойства скального массива.
27. Методы определения физико-механических свойств скального массива
28. Эмпирические классификации скальных массивов.
29. Критерий прочности Хоека-Брауна.
30. Понятие о геологическом индексе прочности (GSI).
31. Возможности программы "Roslab".
32. Классификация массивов Биенявски (RMR).
33. Реологические свойства (ползучесть, релаксация напряжений, длительная прочность).
34. Динамические свойства (усталостное разрушение, долговечность).
35. Основные количественные показатели трещиноватости (RQD, MT, Kтп, выход керна).
36. Классификации трещин по генезису.
37. Способы представления данных по трещиноватости.
38. Механические свойства трещин (сжатие, растяжение, сдвиг).
39. Молоток Шмидта: устройство, принцип работы, определение

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: классификации и основные типы скальных грунтов, прочностные, деформационные, реологические и динамические свойства скальных грунтов и методы их определения, механизмы деформирования и	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания

разрушения, основные теории прочности; эмпирические классификации скальных массивов				
Умения: самостоятельно диагностировать и описывать скальный грунт, определять его прочностные и деформационные свойства на лабораторном оборудовании, обобщать и анализировать полученные данные	Умения отсутствуют	Не систематическое умение, допускает неточности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в умении диагностировать скальный грунт и определять показатели его свойств	Успешное умение правильно диагностировать скальный грунт, определять показатели его свойств
Владение: современными лабораторными методами изучения прочностных и деформационных свойств скальных грунтов, обработкой и интерпретацией полученных результатов	Навыки владения лабораторным и методами изучения скальных грунтов отсутствуют	Фрагментарное владение лабораторным и методами изучения скальных грунтов	В целом сформированы навыки владения лабораторными методами изучения скальных грунтов	Владение комплексом лабораторных методов изучения скальных грунтов.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

основная литература:

Зерцалов М.Г. Механика грунтов (введение в механику скальных грунтов). М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. 364 с.

Лабораторные работы по грунтоведению. Учебное пособие / Под ред. В.Т.Трофимова и В.А.Королева - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: КДУ, 2017 - 654 с.

Фролова Ю.В. Учебное пособие. Скальные грунты и методы их лабораторного изучения. М.: КДУ, 2015. 222 с.

дополнительная литература:

Баклашов И.В. Геомеханика. Т.1. Основы геомеханики. 2004. - 208 с.

Бурмистров А.А., Старостин В.И., Дергачев А.Л., Петров В.А. Структурно-петрофизический анализ месторождений полезных ископаемых. М.: МАКС Пресс, 2009. - 408 с.

Голодковская Г.А., Матула М., Шаумян Л.В. Инженерно-геологическая типизация и изучение скальных массивов. М.: Изд-во МГУ, 1986. - 272 с.

Грунтоведение / Под ред. В.Т. Трофимова. 6-е изд. М.: Изд-во МГУ, 2005. 1024 с.

Зиангиров Р.С., Роот П.Э., Филимонов С.Д. Практикум по механике грунтов. М.: Изд-во МГУ, 1984. 152 с.

Каркашадзе Г.Г. Механическое разрушение горных пород. М.: Изд-во МГГУ, 2004. – 222 с.

Койфман М.И. О влиянии размеров на прочность образцов горных пород / Исследование физико-механических свойств горных пород применительно к задачам управления горным давлением. М.: Изд-во АН СССР, 1962. С. 6-14.

Лабораторные работы по грунтоведению: Учебное пособие / В.А.Королев, Е.Н. Самарин, С.К.Николаева и др. / Под ред. В.Т.Трофимова и В.А.Королева. – М.: Высш. шк., 2008. – 519 с.

Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. Т.2. Лабораторные методы / Под ред. Е.М.Сергеева. М.: Недра, 1984.

Рац М.В., Чернышев С.Н. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород. М.: Недра. 1970. – 164 с.

Рац М.В. Неоднородность горных пород и их физических свойств. М.: Наука, 1968.

Теоретические основы инженерной геологии. Геологические основы / Под ред. Е.М.Сергеева. М.: Недра, 1985. – 332 с.

Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика). Справочник геофизика / Под ред. Н.Б. Дортман. М.: Недра. 1984. – 455 с.

Bieniawski Z.T. Engineering rock mass classification. 1989. 251 p.

Cai M., P.K. Kaiser, H. Uno, Y. Tasaka, M. Minami Estimation of rock mass deformation modulus and strength of jointed hard rock masses using the GSI system // International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 41 (2004) 3–19

Hoek E. Practical rock engineering: e-book. Toronto: Rocscience (electronic resource), 2007. http://www.rocscience.com/hoek/corner/Practical_Rock_Engineering.pdf

Yoshinaka R.,* Osada M., Park H., Sasaki T., Sasaki K. Practical determination of mechanical design parameters of intact rock considering scale effect // Engineering Geology 96 (2008) 173–186.

Нормативная литература:

ГОСТ 12730.3-78. Бетоны. Метод определения водопоглощения. М.: Изд-во стандартов, 1980. – 4 с.

ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификации. – М.: МНТКС, 2011. – 63 с.

ГОСТ 30629-99. Материалы и изделия облицовочные из горных пород М.: МНТКС, 1999. – 71 с.

ГОСТ 21153.8-88. Породы горные. Метод определения предела прочности при объемном сжатии. М.: Изд-во стандартов, 1988. - 12 с.

ГОСТ 28985-91. Породы горные. Метод определения деформационных характеристик при одноосном сжатии. Изд-во стандартов, 1984. - 12 с.

ГОСТ 21153.0-84. Породы горные. Отбор проб и общие требования к методам физических испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1984. -35 с.

ГОСТ 21153.7-75. Породы горные. Метод определения скоростей распространения упругих продольных и поперечных волн. М.: Изд-во стандартов, 1984. – 35 с.

ГОСТ 21153.3-85. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении. М.: Изд-во стандартов, 1985. - 14 с.

ГОСТ 21153.2-84. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном сжатии. Изд-во стандартов, 1984. - 12 с.

ГОСТ 22690-88. БЕТОНЫ. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. 1991.

ASTM D 7012 – 04 Standard Test Method for Compressive Strength and Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens under Varying States of Stress and Temperatures. 8 p.

ASTM D 5873-00. Standard Test Method for determination of rock hardness rebound hammer method. 2001.

ISRM. Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Int J. Rock Mech Min Sci Geomech Abstr 1978, 15 (3). p. 19-68.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения пакеты программ Statistica; Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint (при необходимости)

Г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (лицензионное программное обеспечение не требуется):

Программа “АКТАКОМ” для определения скоростей упругих волн.

Программа "Roslab" для расчета прочностных и деформационных свойств скального массива

Д) Материально-техническое обеспечение: помещения – аудитория, рассчитанная на группу из 10 учащихся; лаборатория с подведенной водой и вытяжным шкафом. Оборудование – мультимедийный проектор, компьютер, экран, весы, штангенциркуль, сушильный шкаф, камнерезный и буровой станки, шлифовальный круг, ультразвуковой прибор, механический пресс ZDM-10, гидравлические прессы ИП-1000 и Controls-1500 с устройством для регистрации деформаций и камерой Хоека для трехосных испытаний, склерометр (молоток Шмидта). Иные материалы – образцы скального грунта для лабораторных испытаний.

9. **Язык преподавания** – русский.

10. **Преподаватель** – Фролова Ю.В.

11. **Автор программы** – Фролова Ю.В.