

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/
« ___ » _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Геотермия

Автор-составитель: Хуторской М.Д.

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки:
05.04.01 Геология

Магистерская программа:
Геофизика

Форма обучения:
Очная

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

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы магистратуры*).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от _____ 2022 года (протокол №__).

Год 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

Цель дисциплины «Геотермия» состоит в обеспечении студентов теоретическими и методическими знаниями в области геотермии.

Задачами изучения дисциплины «Геотермия» являются получение знаний о природе термического поля Земли, об энергетике геолого-геофизических процессов, о связи теплового и других геофизических полей, о параметрах теплового поля и об их распределении по площади и по глубине, о связи теплового потока из недр с историей геологического развития континентов и океанов, об аппаратуре и методике для получения геотермических данных, о методах интерпретации этих данных, о тепловом потенциале недр для его утилизации в народном хозяйстве, о методах терморазведки рудных и нефтегазовых месторождений.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе дисциплины «Геотермия» рассмотрены вопросы природы термического поля Земли, энергетике геолого-геофизических процессов, распределения параметров теплового поля по площади и по глубине, технологии и интерпретации аномалий теплового поля, связи теплового потока из недр с историей геологического развития континентов и океанов, утилизации тепловой энергии в народном хозяйстве.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, модуль «Электроразведка», дисциплина по выбору. Курс – II, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

обучающийся должен владеть базовыми естественно-научными, математическими и профессиональными знаниями в объеме вступительного экзамена в магистратуру, а при обучении на 2 курсе базироваться на знаниях дисциплин «Теория геофизических полей», «Экологическая геофизика», «Комплексирование геофизических методов» и др.

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
ОПК-1.ММ Способен применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих направленность подготовки, при решении задач профессиональной деятельности (формируется частично).	ММ.ОПК-1. И-1. Использует на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих направленность подготовки, при решении исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.	<i>Знать:</i> фундаментальные физико-математические основы геофизических методов, условия и области применения геофизических методов.
ОПК-3.ММ Способен в процессе решения профессиональных задач самостоятельно получать,	ММ.ОПК-3. И-3. Использует полученные результаты для выработки рекомендаций по их практическому	<i>Уметь:</i> решать прямые и обратные задачи основных методов геофизики для относительно простых физико-геологических моделей среды,

интерпретировать и обобщать результаты, разрабатывать рекомендации по их практическому использованию (формируется частично).	использованию.	определять возможности геофизических методов при решении конкретных геологических задач.
МПК-1. Способен самостоятельно ставить задачи научных и практических исследований в области геофизики, а также решать их с использованием современных подходов к проведению геофизических наблюдений, обработке данных, решению прямых и обратных задач, геологической интерпретации результатов	МПК-1. И-1 Определяет цели и задачи геофизических исследований. МПК-1. И-2 Владеет методами проведения геофизических наблюдений и обработки данных. МПК-1. И-3 Знает основы решения прямых и обратных задач геофизики, геологической интерпретации данных.	Владеть: навыками постановки геофизической задачи, основами технологии геофизических съемок, основными элементами качественной и количественной интерпретации геофизических данных.

4. Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе **28** академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (**20** часов – занятия лекционного типа, **8** часов – занятия семинарского типа), **44** академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

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	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	Работа с литературой (включая подготовку тезисов)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Общее понятие о геотермии.	1	1			1					
Виды теплопередачи в Земле	7	2		1	3	4				4
Тепловой поток. Технология измерения геотермических параметров	10	3		1	4	4	2			6
Связь геотермических и других геофизических параметров.	10	4		2	6		2		2	4
Геотермические аномалии и их геолого-тектоническая интерпретация	11	3		2	5	4	2			6
Региональная геотермия континентов	14	3		1	4		2	4	4	10
Региональная геотермия океанов	15	4		1	5		2	4	4	10
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	4	<i>Устный зачет</i>				4				
Итого	72	28				44				

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

1. Общее понятие о геотермии. История геотермических исследований. Проблематика геотермических исследований. Источники внутриземного тепла. Геотермальная активность (расходная часть геозенергетического баланса), ее составляющие, планетарный энергетический эффект.

2. Виды теплопередачи в Земле. Основные геотермические параметры, методы их определения и расчетов. Геотермический градиент. Использование геотермии для расчленения геологических разрезов. Теплофизические свойства горных пород и методы их определения.

3. Тепловой поток. Технология измерения геотермических параметров. Методы изучения и общие закономерности распределения теплового потока в земной коре континентов и океанов.

4. Связь геотермических и других геофизических параметров. Аппаратура для геотермических исследований. Методика геотермических исследований на континентах и на акваториях. Методы расчета глубинных температур.

5. Геотермические аномалии и их геолого-тектоническая интерпретация (теория поправок). Искажение фонового геотермического поля за счет стационарных факторов: рельеф, структурно-теплофизические неоднородности. Искажения за счет нестационарных факторов: эрозия, седиментация, образование надвигов. Влияние тепла тектонического трения.

6. Региональная геотермия континентов. Особенности теплового поля древних платформ. Радиогенная теплогенерация в земной коре. Тепловое поле молодых платформ.

7. Региональная геотермия океанов. Тепловое поле абиссальных котловин Мирового океана. Особенности теплового потока срединно-океанических хребтов, трансформных разломов и зон перехода от континентов к океанам.

План проведения семинаров.

1. Традиционные и нетрадиционные (альтернативные) виды геозенергетики
2. Петротермальная и гидротермальная энергетика
3. Геотермический градиент: закономерности и причины его изменения на Земле
4. Сущность петротермально циркулирующих систем
5. Геолого-тектоническая характеристика геолого-тектонических структур, благоприятных для появления «тепловых котлов»
6. Геолого-геофизические поиски, разведка, изучение площадей для строительства петротермальных станций.

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

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего и промежуточного контроля успеваемости.

Текущий контроль студентов осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетных работ и опросе при защите доклада по темам реферата.

Примерный перечень вопросов при проведении текущего контроля:

1. Сущность петротермально циркулирующих систем.
2. Традиционные и нетрадиционные (альтернативные) виды геозенергетики
3. Особенности теплового поля древних платформ.
4. Тепловое поле абиссальных котловин Мирового океана.

5. Особенности теплового потока срединно-океанических хребтов, трансформных разломов и зон перехода от континентов к океанам.
6. Геолого-тектоническая характеристика геолого-тектонических структур, благоприятных для появления «тепловых котлов»
7. Связь геотермических и других геофизических параметров
8. Методы изучения теплового потока в земной коре континентов и океанов.
9. Основные геотермические параметры, методы их определения и расчетов. Геотермический градиент.
10. Источники внутриземного тепла.

Расчетные домашние задания:

1. Отображение термограммы скважины по точечным замерам температур.
2. Расчленение геологического разреза по значениям геотермического градиента в скважине.
3. Поинтервальный расчет плотности теплового потока в скважине.
4. Расчет величины искажений температур в разрезе за счет контрастной теплопроводности внедренного тела и окружающих пород (задается внедренное тело в виде горизонтального цилиндра, бесконечной призмы, вертикального стержня). Расчет производится аналитическими методами.
5. То же, с помощью численных методов (МКЭ) на компьютере с использованием программы TERMGRAF.
6. Численный расчет стационарных искажений температурного и теплового полей для реального многослойного геологического разреза.
7. Построение карт теплового потока и глубинных температурных срезов для месторождения (используются программные продукты SURFER v.8. и ArcView. v.3.2.).
8. Расчет радиогенной и мантийной составляющих глубинного теплового потока для области древней платформы и для фанерозойской складчатой области.

Примерные темы рефератов и докладов:

1. Традиционная (нефтегазовая и ядерная) и нетрадиционная (петротермальная и гидротермальная) геоэнергетика.
2. Перспективы развития петротермальной энергетики и геофизики?
3. Гидротермальная энергетика и геофизика.
4. Геолого-структурные особенности районов строительства гидротермальных и петротермальных станций.
5. Геофизические методы изучения земной коры до глубин 15 км.
6. Основные блоки аппаратуры для петротермальных тепловых и электрических станций.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (зачете):

1. Общее понятие о геотермии. История геотермических исследований.
2. Проблематика геотермических исследований. Источники внутриземного тепла. Геотермальная активность (расходная часть геоэнергетического баланса), ее составляющие, планетарный энергетический эффект.
3. Виды теплопередачи в Земле и их роль в различных геосферах. Основные геотермические параметры, методы их определения и расчетов.
4. Геотермический градиент. Использование геотермии для расчленения геологических разрезов.
5. Теплофизические свойства горных пород и методы их определения.
6. Тепловой поток. Методы его изучения и общие закономерности распределения в земной коре континентов и океанов.

7. Связь геотермических и других геофизических параметров.
8. Аппаратура для геотермических исследований.
9. Методика геотермических исследований на континентах и на акваториях.
10. Методы расчета глубинных температур.
11. Геотермические аномалии и их геолого-тектоническая интерпретация (теория поправок).
12. Искажение фонового геотермического поля за счет стационарных факторов: рельеф, структурно-теплофизические неоднородности. Искажения за счет нестационарных факторов: эрозия, седиментация, образование надвигов. Влияние тепла тектонического трения.
13. Региональная геотермия континентов. Особенности теплового поля древних платформ. Радиогенная теплогенерация в земной коре. Тепловое поле молодых платформ.
14. Особенности теплового поля фанерозойских складчатых поясов и континентальных рифтов. Тепловой поток в альпийских геосинклиналях, в зонах тектоно-магматической активизации.
15. Региональная геотермия океанов. Тепловое поле абиссальных котловин Мирового океана. Особенности теплового потока срединно-океанических хребтов, трансформных разломов и зон перехода от континентов к океанам.
16. Использование численных и аналоговых методов для расчета тепловых полей.
17. Геотермические методы поисков и разведки рудных и нефтегазовых месторождений.
18. Использование внутриземного тепла (состояние, способы и перспективы).

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

Оценка результатов обучения, <i>соответствующие виды оценочных средств</i>	Незачет	Зачет
Знания (<i>устный опрос, реферат</i>)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (<i>устный опрос, реферат</i>)	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)
Навыки (владения, опыт деятельности) (<i>устный опрос, реферат</i>)	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

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Хуторской М.Д. Введение в геотермию. М.: Изд-во РУДН, 1996. 110 с.

2. Хуторской М.Д. Геотермия Центрально-Азиатского складчатого пояса. М.: Изд-во РУДН, 1996. 238 с.
3. Хуторской М.Д., Зволинский В.П., Рассказов А.А. Мониторинг и прогнозирование геофизических процессов и природных катастроф. М.: Изд-во РУДН, 1999. 222 с.
4. Богуславский Э.И. Освоение тепловой энергии недр. М.: Изд-во «Спутник+». 2018. 448 с.

- дополнительная литература:

1. Тепловой режим недр СССР. М.: Наука, 1972. 328 с.
2. Любимова Е.А. Термика Земли и Луны. М.: Наука, 1970. 222 с.
3. Кутас Р.И. Поле тепловых потоков и термическая модель земной коры. Киев: Наук.думка. 1978. 148 с.
4. Любимова Е.А., Александров А.Л., Дучков А.Д. Методика изучения тепловых потоков через дно океанов. М.: Наука, 1973. 175 с.
5. Сальников В.Е. Геотермический режим Южного Урала. М.:Наука. 1984. 79 с.
6. Смирнов Я.Б. Геотермическая карта Северной Евразии и методы анализа термической структуры литосферы. М.: ГИН АН СССР, 1986. 180 с.
7. Гнатусь Н.А. Буровой снаряд, не имеющий аналогов в мировой энергетике.// Электро-info, №6, 2007. с.24-27.
8. Гнатусь Н.А., Хуторской М.С., Хмелевской В.К. Организация геофизического мониторинга при разведке и извлечении тепла «сухих» горючих пород. Вестник Моск. ун-та, Серия 4, Геология, 2011, №2 с.
9. Дядькин Ю.Д. Теплообмен в глубоких скважинах и зонах фильтрации при извлечении тепла «сухих» горных пород. Л.: Наука, 1974. 38 с.
10. Подгорных Л.В., Хуторской М.Д. Планетарный тепловой поток. Карта м-ба 1:30000000 (7 л. + объяснительная записка). М.: Оргсервис. 1997.

Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Программное обеспечение расчетов величины искажений температур в разрезе с помощью численных методов по программе TERMGRAF/
2. Программные продукты SURFER v/8 и ArcView v/3.2.

Д) Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс отделения Геофизики.

Специализированная аудитория с ПК и компьютерным проектором.

Библиотека Геологического факультета МГУ.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель – Ответственный за курс – ассоциированный профессор кафедры Геофизические исследования земной коры Хуторской М.Д., преподаватель - Хуторской М.Д.

11. Разработчик программы – профессор Хуторской М.Д.