

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан Геологического
факультета
академик

_____ /Д.Ю.Пущаровский/
«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Геотермия и петротермальная геофизика

Автор-составитель: Хуторской М.Д.

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:
Геофизика

Форма обучения:
Очная

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

Москва 20__

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 бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год приема на обучение – 2016.

© 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 раздела «Геотермия» состоит в обеспечении студентов теоретическими и методическими знаниями в области геотермии.

Цель раздела «Петротермальная геофизика» состоит в ознакомлении студентов с новым разделом прикладной геофизики, определении ее места и значения, установлении ее возможности и перспектив развития.

Задачами изучения первой части дисциплины «Геотермия и петротермальная геофизика» – «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.

Задачи освоения материалов второй части дисциплины «Геотермия и петротермальная геофизика» – «Петротермальная геофизика» заключаются в следующем: подробное рассмотрение нового объекта геофизических исследований в виде т.н. «тепловых котлов или куполов»; выяснение характерных для подобных участков земной коры петрогеофизических характеристик; определение типичных структурных и тектонических геологических особенностей участков земной коры, перспективных для поиска и разведки «тепловых котлов или куполов»; определение оптимального комплекса геофизических исследований для поиска и разведки «тепловых котлов или куполов»; определение возможности переинтерпретации данных геофизических методов с целью поиска и разведки «тепловых котлов или куполов».

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, профессиональные дисциплины по выбору, курс – IV, семестры – 7, 8.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Высшая математика», «Вычислительная математика», «Дифференциальные уравнения», «Теория функции комплексного переменного», «Физика», «Общая геология», «Петрография», «Структурная геология и геокартирование», «Геология России», «Физика Земли», «Экологическая геофизика», «Геохимия» и др..

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

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

ОПК-3.Б Способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично),

ОПК-4.Б Способность применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично),

ПК-7. Б Готовность применить на практике базовые общепрофессиональные знания и навыки при решении производственных задач (в соответствии с профилем подготовки) (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

Знать: параметры, структуру теплового поля Земли, природу внутриземного теплового поля, основные правила организации проведения полевых терморазведочных работ при

решении различных геологических задач, теоретические основы интерпретации аномалий теплового поля Земли, признаки выделения «тепловых котлов или куполов».

Уметь: задавать основные параметры методики тепловой съемки, проводить первичную обработку полевого, пользоваться методами и программами для интерпретации геотермальных полей, организовывать полевые работы и проводить интерпретацию получаемых материалов, выявлять по геофизическим данным области «тепловых котлов или куполов».

Владеть: приемами первичной обработки полевого материала и методами расчета аномального геотермического поля, методами геофизической и геологической интерпретации аномалий геотермического поля с применением современного вычислительного программного обеспечения, в том числе приемами переинтерпретации геофизических данных с целью поиска и разведки «тепловых котлов или куполов».

4. Формат обучения – лекционные и семинарские занятия.

5. Объем дисциплины составляет 3 з.е., в том числе 50 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (28 = 18 + 10 часов – занятия лекционного типа, 22 = 10 + 12 часа – занятия семинарского типа, 2 часа – групповые консультации, 10 часов – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 58 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – рубежный зачет (7 семестр), зачет (8 семестр).

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

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе дисциплины «Геотермия и петротермальная геофизика» рассмотрены вопросы природы термического поля Земли, энергетики 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. Рассмотрен комплекс геофизических методов, позволяющих выделять неоднородности земной коры различной мощности и электропроводности, что необходимо для выявления зон «тепловых котлов» и проектирования строительства петротермальных, тепловых (ПетроТС) и электрических (ПетроЭС) станций.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, Форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Общее понятие о геотермии. Виды теплопередачи в Земле		2		2	4	
Тепловой поток. Технология измерения геотермических параметров		4		2	6	1
Геотермические аномалии и их геолого-тектоническая интерпретация		2		2	4	
Региональная геотермия континентов и океанов		2		2	4	
Особенности теплового поля фанерозойских складчатых поясов и континентальных рифтов. Использование численных и аналоговых методов		2		2	4	1
Геотермические методы поисков и разведки рудных и нефтегазовых месторождений.		4			4	1
Использование внутриземного тепла (состояние, способы и перспективы)		2		2	4	1
7 семестр Промежуточная аттестация <i>рубежный зачет</i>						4
7 семестр Всего		18		10	28	8
Введение		2			2	2
Петротермальная энергетика		4		6	10	24
Петротермальная геофизика		4		6	10	24
8 семестр Промежуточная аттестация <i>зачет</i>						10
8 семестр Всего		10		12	22	50
Итого	108			50		58

Содержание разделов дисциплины:

Часть 1 Термометрия

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

2. Виды теплопередачи в Земле и их роль в различных геосферах. 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. Методы его изучения и общие закономерности распределения 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. Особенности теплового поля фанерозойских складчатых поясов и континентальных рифтов. Тепловой поток в альпийских геосинклиналях, в зонах тектономагматической активизации.

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

9. Использование численных и аналоговых методов для расчета тепловых полей.

10. Геотермические методы поисков и разведки рудных и нефтегазовых месторождений.

11. Использование внутриземного тепла (состояние, способы и перспективы).

Часть 2 Петротермальная геофизика

1. Введение.

Краткие исторические сведения о петротермальной энергетике, ее роли в геоэнергетике: традиционной и альтернативной. Необходимость создания петротермальной геофизики для изучения термической неоднородности земной коры до глубин 15 км, выявление «тепловых куполов или котлов», где горячие породы с температурами 250-350⁰С залегают на минимальной глубине от земной поверхности.

Петротермальная геофизика – новое направление в прикладной геофизике, предназначенное для выявления наиболее благоприятных мест для проектирования и размещения петротермальных тепловых (ПетроТС) и электрических (ПетроЭС) станций.

Гидротермальная энергетика, применяемая значительно раньше петроэнергетики, имеет источником тепла близлежащие к земной поверхности подземные минерализованные горячие воды. Она используется в ограниченном числе районов мира: Исландия, Камчатка и др. В то же время петротермальные станции можно строить почти повсеместно на континентах, а в будущем на ближнем шельфе океанов.

2. Петротермальная энергетика.

2.1 Петротермальная энергия, основанная на использовании тепла внутренних недр Земли, извлекаемого из твердых горячих «сухих» горных пород (Hot Dry Rock) с глубин 5-10 км. Технология HDR, развиваемая в 65 странах мира, включает бурение 2-3 скважин (обычно до 5-7 км), нагнетательных (одна - две), в которых закачивается поверхностная вода, и

эксплуатационной, из которой откачивается горячий пар. Если температура скважины порядка 100-200⁰С, то возможно выработка тепла для отопления и горячего водоснабжения с помощью ПетроТС. Если температура достигает 250-350⁰С, то можно вырабатывать электричество на ПетроЭС.

2.2 Температурные градиенты в разных районах в зависимости от геолого-тектонического строения. Они меняются от 2,5 до 5⁰С (в среднем 3⁰С) при погружении на 100 м вглубь Земли, поэтому чтобы достичь оптимальных температур скважины должны иметь глубину порядка 5 км (для работы ПетроТС) и порядка 10 км (для работы ПетроЭС). Мощности петротермальных станций определяются температурой и дебитом скважины, а также естественной или вызванной трещиноватостью и проницаемостью пород между забоями скважин для нагрева воды и откачки пара.

2.3 Петротермальная циркуляционная система (ПЦС), т.е. техника таких станций, включает: буровое оборудование, бурильные и обсадные трубы, измерительно-регистрирующие средства, цементный раствор для крепления скважин, нагнетательные и откачивающие насосы, теплообменники, паровые турбины, генераторы тока, устройства для очистки отработанных вод и закачки их вновь для многократного использования и др. Для больших глубин эта техника потребует крупных (порядка 1 млрд руб.) вложений в строительство каждой ПетроЭС, разработку и создание высокотехнического оборудования, приспособленного к работе при высоких температурах.

2.4 Преимущества петротермальной энергетики по сравнению с традиционной геознергетикой (углеводородной и ядерной) сводятся к: самовозобновляемости, долгого (до 30 лет) времени эксплуатации без топлива (электрическая энергия необходима в период строительства и ввода станции в эксплуатацию, а также на собственные нужды (до 20%) во время ее работы), экологической чистотой, малой площадью наземных сооружений (около 0,5 Га), возможностью строительства в любых районах: вблизи городов, горно-промышленных объектов и т.п.

2.5 Недостатком петротермальных станций являются: высокие начальные капитальные вложения в бурение и строительство наземных сооружений, большие амортизационные отчисления от всех составляющих капиталовложений (порядка 50%), отсутствие опыта строительства и работы ПетроЭС и др.

Гидротермальная энергетика базируется на горячих, подземных минерализованных водах в районах активной тектонической деятельности. Петротермальные станции могут строиться как на платформах (осадочные бассейны), так и в складчатых поясах, хотя глубины нужных горячих пород могут быть разные, в том числе больше 10 км.

3. Петротермальная геофизика

3.1 Петротермальная геофизика формируется из глубинной, структурной и рудной геофизики и предназначена для изучения термической неоднородности земной коры по латерали и по глубине (до глубин порядка 15 км). Она будет формироваться из методов: сейсморазведки, гравиразведки, магниторазведки, электроразведки преимущественно магнитотеллурическими и магнитовариационными методами, с обязательным привлечением данных термометрии (банков данных о температурах и тепловых потоках по суше и акваториям) и других методов.

3.2 Поисковая петротермальная геофизика должна начинаться с изучения всего имеющегося аэрокосмического, геофизического, геолого-тектонического материала. В результате комплексной целевой переинтерпретации выделяются перспективные районы с повышенными термическими градиентами. Выявляются тектонические структуры, в которых происходит перенос тепла из мантии в земную кору. Это могут быть тектонические нарушения и особенно сбросы, линейные или с веерными пересечениями, столбообразные зоны энерго-массопереноса из глубоких недр типа кимберлитовых трубок или геосолитоновых столбов и другие.

3.3 Разведочные петротермальные геофизические исследования сводятся к проведению в перспективных термических зонах вблизи потребителей энергии (городов,

промышленных и горных предприятий) гравимагнитных, магнитотеллурических и др. исследований для выявления «тепловых котлов или куполов». Те из них, где высокие температуры пород (200-300⁰С) находятся на наименьших глубинах, передаются на составление проектов строительства ПетроТС или ПетроЭС.

3.4 Непосредственное проектирование, как и изучение участков для строительства гидротермальных станций, должно сопровождаться проведением детальных малоглубинных инженерно-геофизических работ, а также мониторинг в ходе подготовки и работы станций.

3.5 Конечным результатом комплекса петротермальных теоретических геолого-геофизических исследований является трехмерное геотермическое моделирование.

3.6 Комплекс методов геофизики и тесная связь петротермальной геофизики с геологией района - эффективность петротермальной геофизики.

Содержание семинаров.

Примерные темы семинарских занятий.

1. Традиционные и нетрадиционные (альтернативные) виды геознергетики
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.

Примерные темы семинаров.

1. Традиционные и нетрадиционные (альтернативные) виды геознергетики
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

Примерные темы рефератов и докладов.

1. Традиционная (нефтегазовая и ядерная) и нетрадиционная (петротермальная и гидротермальная) геознергетика.
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.

Примерная тематика для самостоятельных занятий студентов

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.

Рекомендуемые образовательные технологии

При реализации программы дисциплины Геотермия и петротермальная геофизика используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий обучение проводится в виде лекций в аудитории с использованием ПК и LCD проектора, во время семинарских занятий для организации выступлений студентов с докладами по темам рефератов также необходима специализированная аудитория или компьютерный класс с наличием компьютерной техники и LCD проектора, а самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателей (консультации и помощь в написании рефератов и подготовки докладов) и индивидуальную работу студента в компьютерном классе отделения Геофизики или библиотеке Геологического факультета.

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.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра проводятся контрольные работы. Промежуточный контроль успеваемости студентов осуществляется в виде рубежного зачета (7 семестр) и зачета (8 семестр).

Примерный перечень контрольных вопросов:

Часть 1 Термометрия

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).

Часть 2 Петротермальная геофизика

1. Какие открытия в области геотермии привели к становлению этой науки как одной из важнейших для понимания геодинамики планеты?
2. Каковы основные направления геотермических исследований? Какие задачи решает каждое из направлений (общие понятия)?
3. Какие внутриземные процессы относятся к первичным источникам энергии? Дайте количественные оценки вклада этих процессов.
4. Как оценивается расходная часть геоэнергетического баланса; каково соотношение кондуктивных и конвективных теплопотерь?
5. Каковы способы передачи тепловой энергии в Земле. Какие виды теплопередачи преобладают в земной коре, в мантии, в ядре?
6. Что такое геотермический градиент, как он рассчитывается, как этот параметр можно использовать для расчленения геологических разрезов?
7. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности? Способы его измерения (контактные и бесконтактные методы). Статистическая обработка результатов измерений теплопроводности. Что такое эффективная теплопроводность?
8. Что отражает величина теплового потока? Как измеряется плотность теплового потока? Какие факторы влияют на измеряемую величину теплового потока? Как рассчитывается время выстойки скважины? Как рассчитывается погрешность определения теплового потока?
9. Каковы общие закономерности распределения теплового потока на континентах в разновозрастных тектонических структурах и на океанах в участках разновозрастной океанической коры?
10. Аппаратура для измерений температуры в буровых скважинах. Какова должна быть ее точность? Как рассчитывается погрешность измерений температуры и геотермического градиента? Каковы типы термодатчиков, их достоинства и недостатки? Как производится их градуировка? Основные типы скважинных термометров: мостовые, потенциметрические, цифровые, частотные и т.д.
11. Какие геотермические параметры необходимо знать для расчета глубинных температур? Для каких моделей применимы аналитические методы расчета глубинных температур?
12. Каковы особенности теплового потока в областях солянокупольной тектоники?
13. Генерация тепла при радиоактивном распаде. Каковы основные теплогенерирующие элементы? Каковы модели распределения радиоактивных элементов в земной коре? Как рассчитывается величина радиотеплогенерации в земной коре? Что такое “мантийный тепловой поток”?
14. Рассчитайте величину мантийного теплового потока для участка земной коры мощностью 40 км, относящегося к Восточно-Европейской платформе, если известно, что измеренный тепловой поток составляет 50 мВт/м^2 , земная кора состоит из трех слоев: осадочного, гранитно-метаморфического и базальтового с

мощностями соответственно 4, 16 и 20 км (значения удельной теплогенерации для слоев примите по табличным данным; удельную теплогенерацию осадочного слоя считайте равной $1,0 \text{ мВт/м}^3$)?

15. Рассчитайте величину мантийного теплового потока для участка земной коры мощностью 45 км, относящегося к Восточно-Европейской платформе, если известно, что измеренный тепловой поток составляет 40 мВт/м^2 , на поверхности измерена теплогенерация $1,8 \text{ мВт/м}^3$, параметр глубины $D=10 \text{ км}$. (сделайте расчеты для линейной и экспоненциальной моделей распределения теплогенерирующих элементов)?

16. Каковы физико-геологические предпосылки применения методов терморазведки на рудных и нефтегазовых месторождениях? Классификация видов и методов терморазведки.

17. В чем заключаются причины формирования аномалий теплового поля в условиях трещиноватости?

18. Сферы применения геотермальных ресурсов.

19. Назовите несколько известных гидротермальных систем. Каковы их температурные и энергетические характеристики?

20. Теплосодержание верхних 5 км земной коры. Сравнение этой величины с теплосодержанием всех известных месторождений органического топлива.

21. Понятие о петротермальных ресурсах Земли.

22. Соотношение теплосодержания гидро- и петротермальных ресурсов.

23. Основные преимущества и недостатки утилизации петротермальных ресурсов.

24. Методы извлечения тепла сухих горных пород: естественная и искусственная трещиноватость.

25. Понятие о бинарном цикле теплогенерации. Реагенты, применяемые в бинарном теплообмене?

26. Организация прогностических и поисково-разведочных работ для обнаружения очагов глубинного тепла.

27. Применение геофизических методов для поисков и разведки термических аномалий в земной коре.

28. Низкопотенциальные ресурсы тепла. Возможность их утилизации.

29. Что такое “тепловой насос”? Каков принцип его работы?

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (7 семестр рубежный зачет)

Результаты обучения	«Незачет»	«Зачет»
Знания: параметров, структуры теплового поля Земли, природы внутриземного теплового поля, основных правил организации проведения полевых терморазведочных работ при решении различных геологических задач.	Знания отсутствуют	Систематические или общие, но не структурированные знания
Умения: задавать основные параметры методики тепловой съемки, проводить первичную обработку полевого материала.	Умения отсутствуют	Успешное умение или в целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности

		непринципиального характера
Владения: приемами первичной обработки полевого материала и методами расчета аномального геотермического поля.	Навыки владения отсутствуют	Владение навыками

7.3 Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (8 семестр зачет).

Результаты обучения	«Незачет»	«Зачет»
Знания: параметров, структуры теплового поля Земли, природы внутриземного теплового поля, основных правил организации проведения полевых терморазведочных работ при решении различных геологических задач, признаки выделения «тепловых котлов или куполов».	Знания отсутствуют	Систематические или общие, но не структурированные знания
Умения: задавать основные параметры методики тепловой съемки, проводить первичную обработку полевого материала, выявлять по геофизическим данным области «тепловых котлов или куполов».	Умения отсутствуют	Успешное умение или в целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности принципиального характера
Владения: приемами первичной обработки полевого материала и методами расчета аномального геотермического поля, в том числе приемами переинтерпретации геофизических данных с целью поиска и разведки «тепловых котлов или куполов».	Навыки владения отсутствуют	Владение навыками

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.

Б) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

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.

В) Материально-техническое обеспечение

Для материально-технического обеспечения дисциплины «Геотермия и петротермальная геофизика» используются: компьютерный класс отделения Геофизики, специализированная аудитория с ПК и компьютерным проектором, библиотека Геологического факультета МГУ.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель – Хуторской М.Д.

11. Автор программы – Хуторской М.Д.