

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.Еремин/

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Геотермия и петротермальная геофизика**

**Geothermal and petrothermal geophysics**

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 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 бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова от \_\_\_\_ \_\_\_\_\_ 2021 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 и петротермальная геофизика» состоит в обеспечении студентов теоретическими и методическими знаниями в области геотермии и в ознакомлении студентов с новым разделом прикладной геофизики «Петротермальная геофизика», определение ее места и значения, установление ее возможности и перспектив развития.

**Задачами** дисциплины «Геотермия и петротермальная геофизика» являются получение знаний о природе термического поля Земли, об энергетике геолого-геофизических процессов, о методике получения геотермических данных, о методах интерпретации этих данных, о тепловом потенциале недр для его утилизации в народном хозяйстве, о методах терморазведки при поиске и разведке рудных и нефтегазовых месторождений. В том числе рассмотрение нового объекта геофизических исследований в виде т.н. «тепловых котлов или куполов» и определение оптимального комплекса геофизических исследований для поиска и разведки «тепловых котлов или куполов».

### Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В курсе дисциплины «Геотермия и петротермальная геофизика» 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. 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.

**1. Место дисциплины в структуре ОПОП** – относится к профессиональному блоку вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору подплана «Малоглубинная и глубинная геофизика». Курс – IV, семестр – 7 и 8.

### 2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

базируется на знаниях по 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. 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-2.Б Способен применять теоретические основы фундаментальных геологических дисциплин при решении задач профессиональной деятельности (формируется)	Б.ОПК-2. И-1. Использует теоретические знания о закономерностях и особенностях геологических процессов для решения профессиональных	<b>Знать:</b> физические закономерности распределения теплового потока в геологической среде. <b>Уметь:</b> применять теоретические основы геологических дисциплин при решении задач геотермии и петротермальной геофизики

частично).	задач.	
<b>ОПК-3.Б</b> Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично).	<b>Б.ОПК-3. И-1.</b> Использует типовые подходы и методы при решении задач профессиональной деятельности. <b>Б.ОПК-3. И-3.</b> Владеет базовыми навыками обработки и интерпретации информации при решении стандартных задач профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки.	<b>Владеть:</b> основными методами решения задач интерпретации теплового поля Земли.
<b>СПК-1.Б</b> Способен решать задачи в области разведочной геофизики при моделировании геофизических полей для сложно-построенных физико-геологических моделей геологических сред, в том числе трехмерных (формируется частично).	<b>Б-СПК-1. И-1</b> Знает основы методов разведочной геофизики и их применения для решения различных геологических задач <b>Б-СПК-1. И-2</b> Владеет методами решения прямых задач геофизики для сред различной размерности	<b>Знать:</b> основы и возможности применения геотермии и петротермальной геофизики при решении вопросов поиска и разведки полезных ископаемых. <b>Владеть:</b> методами интерпретации данных терморазведки.

**4. Объем дисциплины** составляет **2** (1+1) з.е., в том числе **50** (28 + 22) академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (**25** (14 + 11) лекции и **25** (14 + 11) семинары), **22** (8 + 14) академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – рубежный зачет (7 семестр), зачет (8 семестр).

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

**6. Содержание дисциплины, 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 доклада)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Общее понятие о геотермии. Виды теплопередачи в Земле	<b>4</b>	2		2	<b>4</b>					
Тепловой поток. Технология измерения геотермических параметров	<b>5</b>	2		2	<b>4</b>		1			<b>1</b>
Геотермические аномалии и их геолого-тектоническая интерпретация	<b>5</b>	2		2	<b>4</b>		1			<b>1</b>
Региональная геотермия континентов и океанов	<b>5</b>	2		2	<b>4</b>		1			<b>1</b>
Особенности теплового поля фанерозойских складчатых поясов и континентальных рифтов. Использование численных и аналоговых методов	<b>5</b>	2		2	<b>4</b>		1			<b>1</b>
Геотермические методы поисков и	<b>5</b>	2		2	<b>4</b>		1			<b>1</b>

разведки рудных и нефтегазовых месторождений.										
Использование внутриземного тепла (состояние, способы и перспективы)	<b>5</b>	2		2	<b>4</b>		1			<b>1</b>
<b>7 семестр</b> Промежуточная аттестация	<b>2</b>	<u>Устный рубежный зачет</u>				<b>2</b>				
<b>7 семестр</b> Всего	<b>36</b>	<b>28</b>				<b>8</b>				
Введение	<b>4</b>	2			<b>2</b>		2			<b>2</b>
Петротермальная энергетика	<b>13</b>	4		6	<b>10</b>		3			<b>3</b>
Петротермальная геофизика	<b>13</b>	5		5	<b>10</b>		3			<b>3</b>
<b>8 семестр</b> Промежуточная аттестация	<b>6</b>	<u>Устный зачет</u>				<b>6</b>				
<b>8 семестр</b> Всего	<b>36</b>	<b>22</b>				<b>14</b>				
<b>ИТОГО:</b>	<b>72</b>	<b>50</b>				<b>22</b>				

## **Содержание лекций, семинаров**

### **Содержание лекций**

#### **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 тектоно-магматической 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 250-350<sup>0</sup>С 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 100-200<sup>0</sup>С, то возможно выработка тепла для отопления и горячего водоснабжения с помощью ПетроТС. Если температура достигает 250-350<sup>0</sup>С, 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 5<sup>0</sup>С (в среднем 3<sup>0</sup>С) 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 геоэнергетикой (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 труб 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 (200-300<sup>0</sup>С) 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 малоуглубинных 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.

#### ***План проведения 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.

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

##### **7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом расчетных работ и опросе при защите рефератов.

##### ***Примерный перечень вопросов при проведении текущего контроля:***

1. Сущность петротермально циркулирующих систем.
2. Традиционные и нетрадиционные (альтернативные) виды геознергетики
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):***

**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 внутривоздушного 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 внутривоздушные процессы относятся к первичным источникам энергии? Дайте количественные оценки вклада этих процессов.
4. Как оценивается расходная часть геознергетического 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, потенциометрические, 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  $50 \text{ мВт/м}^2$ , 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  $1,0 \text{ мкВт/м}^3$ )?
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  $40 \text{ мВт/м}^2$ , на поверхности измерена теплогенерация  $1,8 \text{ мкВт/м}^3$ , 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?

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

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

<i>опрос, реферат)</i>		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.

### 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.

### Д) Материально-технического обеспечение:

Учебная аудитория с мультимедийным проектором  
Компьютерный класс отделения Геофизики.

## 9. Язык преподавания – русский.

**10. Преподаватель:** Ответственный за курс — Хуторской Михаил Давыдович,  
преподаватель: Хуторской Михаил Давыдович

**11. Разработчик программы:** Хуторской Михаил Давыдович, ассоциированный профессор

