

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Директор физтех-школы**  
**аэрокосмических технологий**  
**С.С. Негодяев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Введение в геофизику месторождений углеводородов
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Фундаментальная и прикладная физика природных систем Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра теоретической и экспериментальной физики геосистем
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: С.Б. Турунтаев, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры теоретической и экспериментальной физики геосистем 04.06.2020

## Аннотация

Курс "Введение в геофизику месторождений углеводородов" относится к вариативной части образовательной программы, изучается на 5 курсе.

Изучение данной дисциплины опирается на знания, полученные в процессе освоения дисциплины "Введение в математический анализ", "Дифференциальные уравнения", "Уравнения математической физики", "Механика сплошных сред".

Изучение учебной дисциплины направлено на углубление и расширение базовой профессиональной подготовки магистров, формирование соответствующих компетенций.

В учебной дисциплине рассматриваются фундаментальные законы геофизики, сейсмологии, внутреннее строение Земли, физические методы получения информации о строении Земли и разведки недр, природа основных физических полей Земли, теории происхождения нефти и формирования месторождений углеводородов, основные характеристики и состав пород-коллекторов, современные методы анализа геофизической информации и теории обработки данных сейсморазведки, современные проблемы геофизики месторождений углеводородов.

Студенты научатся делать правильные выводы из сопоставления результатов измерений геофизических величин, производить численные оценки по порядку величины, оценивать достоверность и точность получаемых результатов. По окончании курса студенты овладеют практическими навыками исследования и решения теоретических и прикладных задач геофизики.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- овладение современным знанием о физических процессах, протекающих в недрах Земли, формировании месторождений нефти и газа, геофизических методах поиска и разработки месторождений углеводородов, а также приобретение навыков анализа геофизической информации и решения задач поисковой и промысловой геофизики.

### Задачи дисциплины

- дать студентам углубленные знания в области геофизики месторождений углеводородов, физических методах получения информации о строении недр и о процессах, протекающих в месторождениях углеводородов;
- научить студентов применять полученные знания для решения задач поисковой геофизики и проблем геофизики разработки месторождений углеводородов.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации

ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные законы геофизики, сейсмологии, внутреннее строение Земли;
- физические методы получения информации о строении Земли и разведки недр;
- природу основных физических полей Земли;
- теории происхождения нефти и формирования месторождений углеводородов, основные характеристики и состав пород-коллекторов;
- современные методы анализа геофизической информации и теории обработки данных сейсморазведки;
- современные проблемы геофизики месторождений углеводородов.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для определения основных параметров источников аномалий при геофизических измерениях;
- решать прямые и обратные задачи геофизики;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов измерений геофизических величин и теории;
- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в задачах геофизической разведки и промысловой геофизики физическое содержание;
- осваивать новые области геофизики, теоретические подходы и анализировать натурные данные;
- оценивать достоверность и точность получаемых результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования геофизических задач;
- навыками грамотной обработки натурных данных и сопоставления их с теоретическими результатами;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач геофизики.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Физика Земли	4	4		5
2	Геофизические методы изучения недр	3	3		12

3	Теория происхождения нефти и формирования месторождений углеводородов	4	4		5
4	Геомеханика и нефтедобыча	4	4		8
Итого часов		15	15		30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

##### Семестр: 1 (Осенний)

##### 1. Физика Земли

Физика Земли. Основные параметры Земли, как планеты. Процессы в литосфере и их проявления. Тектоника плит. Основные характеристики землетрясений. Модели подготовки землетрясений. Разломы.

Геологическое время. Относительная и абсолютная шкала времени. Геолого-стратиграфические и палеонтологические методы определения возраста пород. Стратиграфические подразделения высшего ранга. Физические методы оценки возраста пород. Рубидий-стронциевый и уран-свинцовый методы.

##### 2. Геофизические методы изучения недр

Гравиметрические методы. Прямые и обратные задачи гравиразведки. Магнитометрические методы. Прямые и обратные задачи магнитной разведки. Электромагнитные методы разведки недр. Геотермические методы. Сейсмология. Уравнение движения упругой среды. Плоские упругие волны в неограниченной изотропной среде. Объемные сейсмические волны. Поверхностные сейсмические волны. Отражение и преломление сейсмических волн. Закон Снелиуса. Годограф сейсмических волн. Основные черты строения Земли.

Поисковая сейсмология. Основные характеристики сейсмических волн. Получение, обработка и интерпретация сейсмических данных. Сейсмические источники и приемники. Принципы решения прямых задач сейсморазведки. Прямая и обратная задача для отраженной волны в двухслойной среде с наклонной отражающей границей. Способы построения отражающих границ. Оцифровка записей. Преобразование Фурье. Деконволюция. Миграция.

Роль флюидов в геофизических процессах. Критерий Кулона-Мора. Сейсмичность на месторождениях углеводородов. Основные механизмы землетрясений, индуцированных разработкой месторождений углеводородов.

##### 3. Теория происхождения нефти и формирования месторождений углеводородов

Силы, определяющие миграцию флюидов. Формирование месторождений углеводородов. Характеристики пород-коллекторов: пористость, проницаемость. Геофизические методы разведки месторождений углеводородов. Каротаж скважин, его виды. Пассивный сейсмический мониторинг.

##### 4. Геомеханика и нефтедобыча

Геомеханика и нефтедобыча. Понятие о геомеханической модели. Свойства пород и структура массивов. Область применения механики пород. Классификация и основные свойства пород.

Структура массивов горных пород. Иерархия блоков. Идеализация пород. Применение теории упругости и пластичности. Упругие деформационные свойства породы в образце. Зависимость деформации от времени. Реологические модели. Механическая модель твердого тела со структурой.

Прочностные свойства. Методы определения прочности. Зависимость прочности от размера образца. Критерии разрушения. Поверхности ослабления. Ориентация трещин. Механические свойства трещин. Испытания трещин. Свойства межблоковых промежутков. Исследование деформационных свойств нарушений сплошности сейсмическими методами.

Применение алгоритмов нелинейной динамики при анализе геомеханических процессов. Временные ряды наблюдений. Фазовая точка и фазовая траектория. Динамические системы и их устойчивость. Аттракторы, их типы и физический смысл. Фрактальная размерность аттракторов. Бифуркации. Инерциальные многообразия. Параметры порядка. Реконструкция аттракторов по временным рядам. Теорема Такенса. Метод Грасбергера – Прокачи оценки размерности аттракторов. Прогнозные возможности методов нелинейной динамики при анализе временных рядов в нефтяной геофизике.

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### **Основная литература**

1. Кочарян Г.Г., Турунтаев С.Б. Введение в геофизику месторождений углеводородов. – М.: МФТИ, 2007. – 348с
2. Бурштар М.С. Основы теории формирования залежей нефти и газа. М., Недра, 1973.
3. Николаевский В.Н. Механика нефтегазоносных горных массивов. 1987.
4. Басниев К.С., Дмитриев Н.М., Розенберг Г.Д. Нефтегазовая гидромеханика. Москва – Ижевск. Ин-т компьютерных исследований. 2003. 480с.

### **Дополнительная литература**

1. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. М.: Недра. 1984. 204с.
2. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология. Теория и методы. М.: Мир. 1983.
3. Хмелевской В.К. Геофизические методы исследования земной коры. Международный университет природы, общества и человека. Дубна 1997 г.
4. Economides M., Nolte K. (Eds.) Reservoir Stimulation. 2-nd ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs. NJ. 1989.
5. Кочарян Г.Г., Спивак А.А. Динамика деформирования блочных массивов. М., Академкнига, 423 с, 2003.
6. Николаевский В.Н. Механика пористых и трещиноватых сред. М.: Недра, 1984. 232с.
7. Родионов В.Н., Сизов И.А., Цветков В.М. Основы геомеханики. М.: Недра, 1986, 301с.
8. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б.. Современные проблемы нелинейной динамики. // Эдиториал УРСС. Москва 2002.. – 360с.
9. Качанов Л.М, Основы теории пластичности. М.Наука, 1989.
10. Хаин В.Е. Основные проблемы современной геологии. М.: Наука, 1994.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук
4. <http://spe.org> - Общество инженеров-нефтяников

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

пакеты офисного программного обеспечения Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), OpenOffice, Matlab.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение курса «Введение в геофизику месторождений углеводородов» требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы,
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях,

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа самостоятельных работ на семинарах, а также индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи и анализировать данные.

Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Фундаментальная и прикладная физика природных систем Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра теоретической и экспериментальной физики геосистем
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

**Разработчик:** С.Б. Турунтаев, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Введение в геофизику месторождений углеводородов» обучающийся должен:

### знать:

- фундаментальные законы геофизики, сейсмологии, внутреннее строение Земли;
- физические методы получения информации о строении Земли и разведки недр;
- природу основных физических полей Земли;
- теории происхождения нефти и формирования месторождений углеводородов, основные характеристики и состав пород-коллекторов;
- современные методы анализа геофизической информации и теории обработки данных сейсморазведки;
- современные проблемы геофизики месторождений углеводородов.

### уметь:



- пользоваться своими знаниями для определения основных параметров источников аномалий при геофизических измерениях;
- решать прямые и обратные задачи геофизики;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов измерений геофизических величин и теории;
- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в задачах геофизической разведки и промысловой геофизики физическое содержание;
- осваивать новые области геофизики, теоретические подходы и анализировать натурные данные;
- оценивать достоверность и точность получаемых результатов.

**владеть:**

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования геофизических задач;
- навыками грамотной обработки натурных данных и сопоставления их с теоретическими результатами;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач геофизики.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Текущий контроль осуществляется в форме контрольных работ в письменной форме по каждой теме.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, а также индивидуальных консультаций.

Перечень контрольных вопросов.

1. Основные параметры Земли как планеты. Основные черты сейсмологического строения Земли.
2. Геофизические методы изучения недр. Сейсмология.
3. Тензор деформации. Тензор напряжений. Закон Гука.
4. Уравнение движения упругой среды. Плоские упругие волны в неограниченной изотропной среде. Объемные сейсмические волны. Поверхностные сейсмические волны.
5. Отражение и преломление сейсмических волн. Закон Снелиуса. Прямые и обратные задачи сейсмологии. Годограф сейсмических волн.
6. Процессы в литосфере и их проявления. Тектоника плит. Основные характеристики землетрясений. Землетрясения, индуцированные инженерной деятельностью человека. Сейсмичность на месторождениях углеводородов.
7. Геологическое время. Относительная и абсолютная шкала времени. Геолого-стратиграфические и палеонтологические методы определения возраста пород. Физические методы оценки возраста пород. Рубидий-стронциевый и уран-свинцовый методы.
8. Теории происхождения нефти. Силы, определяющие миграцию флюидов. Формирование месторождений углеводородов. Характеристики пород-коллекторов: пористость, проницаемость.
9. Геофизические методы разведки месторождений углеводородов. Гравиметрические методы. Прямые и обратные задачи гравиразведки.
10. Магнитометрические методы. Прямые и обратные задачи магнитной разведки. Электромагнитные методы разведки недр. Геотермические методы.
11. Каротаж скважин, его виды. Физические основы каротажа.
12. Поисковая сейсмология. Основные характеристики сейсмических волн. Принципы решения прямых задач сейморазведки. Прямая и обратная задача для отраженной волны в двухслойной среде с наклонной отражающей границей. Способы построения отражающих границ.
13. Получение, обработка и интерпретация сейсмических данных. Оцифровка записей. Преобразование Фурье. Деконволюция. Миграция.
14. Пассивный сейсмический мониторинг. Задачи, решаемые при помощи регистрации слабых сейсмических событий. Требования к системе сейсмического мониторинга.
15. Понятие о геомеханической модели. Свойства пород и структура массивов. Классификация и основные свойства пород. Типы коллекторов.
16. Упругие свойства пород в образце и массиве. Связь трещиноватости и скорости распространения сейсмических волн.

17. Зависимость деформации горных пород от времени. Реологические модели
18. Прочностные свойства горных пород. Хрупкое и пластическое разрушение. Критерии разрушения горных пород.
19. Механическая модель твердого тела со структурой.
20. Свойства межблоковых промежутков. Нормальное и сдвиговое деформирование нарушений сплошности. Оценка жесткости.
21. Методы измерения напряжений в массиве.
  
22. Проницаемость. Закон Дарси. Методы определения проницаемости. Проницаемость образца и проницаемость массива.
23. Течение жидкости в трещине. Проницаемость системы трещин.
24. Гидроразрыв пласта
25. Реконструкция аттракторов по временным рядам. Теорема Такенса. Метод Грасбергера – Прокачия оценки размерности аттракторов.
26. Фазовая точка и фазовая траектория. Динамические системы и их устойчивость. Аттракторы, их типы и физический смысл. Фрактальная размерность аттракторов. Бифуркации. Инерциальные многообразия. Параметры порядка

Примеры контрольных заданий

Контрольное задание по теме: Сейсмические методы разведки залежей углеводородов.

1. Построить годограф сейсмической волны, отраженной от наклонной границы.
2. Определить глубину и угол наклона отражающей границы по известным годографам.
3. Построить криволинейную отражающую границу методом эллипсов.

Контрольное задание по теме: Анализ сейсмических данных.

1. Найти амплитудный и частотный спектр одиночного импульса, представленного дельта-функцией.
2. Найти амплитудный и частотный спектры прямоугольного импульса конечной ширины.
3. Изобразить волны, возникающие при отражении продольной волны, падающей на границу раздела двух сред с различной акустической жесткостью.

Контрольное задание по теме: Зависимость деформации от времени. Реологические модели. Критерии прочности.

1. Построить кривую зависимости деформации от времени при мгновенном приложении нагрузки для тела Максвелла.
2. Оценить прочность пород коллектора по кривые изменения давления при гидроразрыве пласта.
3. Рассчитать по данным о максимальных и минимальных главных напряжениях давление закачки, при котором произойдет сдвиговое разрушение породы.

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Введение в геофизику месторождений углеводородов» проводится в форме экзамена (устного).

Примерный перечень экзаменационных билетов:

##### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Основные параметры Земли как планеты. Геофизические методы изучения недр. Сейсмология. Основные черты сейсмологического строения Земли.
2. Механическая модель твердого тела со структурой.

##### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2**

1. Проницаемость. Закон Дарси. Методы определения проницаемости. Проницаемость образца и проницаемость массива.

2. Тензор деформации. Тензор напряжений. Закон Гука.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Классификация и основные свойства скальных пород
2. Уравнение движения упругой среды. Плоские упругие волны в неограниченной изотропной среде. Объемные сейсмические волны. Поверхностные сейсмические волны.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Зависимость деформации горных пород от времени. Реологические модели
2. Отражение и преломление сейсмических волн. Закон Снелиуса. Прямые и обратные задачи сейсмологии. Годограф сейсмических волн.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Упругие свойства пород в образце и массиве. Связь трещиноватости и скорости распространения сейсмических волн.
2. Процессы в литосфере и их проявления. Тектоника плит. Основные характеристики землетрясений. Землетрясения, индуцированные инженерной деятельностью человека. Сейсмичность на месторождениях углеводородов.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №6

1. Критерии разрушения горных пород. Влияние порового давления.
2. Геологическое время. Относительная и абсолютная шкала времени. Геолого-стратиграфические и палеонтологические методы определения возраста пород. Физические методы оценки возраста пород. Рубидий-стронциевый и уран-свинцовый методы.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №7

1. Прочностные свойства горных пород. Хрупкое и пластическое разрушение.
2. Теории происхождения нефти. Силы, определяющие миграцию флюидов. Формирование месторождений углеводородов. Характеристики пород-коллекторов: пористость, проницаемость.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №8

1. Распределение напряжений в массиве горных пород. Гравитационная и тектонические составляющие поля напряжений. Распределение напряжений вокруг скважины
2. Геофизические методы разведки месторождений углеводородов. Основные гравиметрические и магнитометрические методы. Прямая и обратная задачи гравиразведки и магниторазведки. Каротаж скважин, его виды.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №9

1. Блоковая структура массивов горных пород. Иерархия блоков и межблоковых промежутков.
2. Поисковая сейсмология. Основные характеристики сейсмических волн. Принципы решения прямых задач сейморазведки. Прямая и обратная задача для отраженной волны в двухслойной среде с наклонной отражающей границей. Способы построения отражающих границ.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №10

1. Пассивный сейсмический мониторинг. Задачи, решаемые при помощи регистрации слабых сейсмических событий. Требования к системе сейсмического мониторинга.
2. Получение, обработка и интерпретация сейсмических данных. Оцифровка записей. Преобразование Фурье. Деконволюция. Миграция.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №11

1. Методы измерения напряжений в массиве.
2. Гравитационное поле и форма Земли. Прямая и обратная задачи гравиразведки. Гравитационные аномалии над шаром и цилиндром.

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №12

1. Свойства межблоковых промежутков. Нормальное и сдвиговое деформирование нарушений сплошности.
2. Магнитное поле Земли. Прямая и обратная задачи магниторазведки. Магнитные аномалии над намагниченным вертикальным бесконечным стержнем и над вертикально намагниченным шаром.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №13

1. Структурная модель межблоковых зон. Оценка жесткости.
2. Исследование деформационных свойств нарушений сплошности сейсмическими методами.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №14

1. Типы пористости. Методы определения пористости и проницаемости.
2. Роль флюидов при подготовке землетрясений. Эффективные напряжения Терцаги. Критерий Кулона-Мора.

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №15

1. Применение алгоритмов нелинейной динамики при анализе геомеханических процессов. Динамические системы и их устойчивость. Аттракторы, их типы и физический смысл. Фрактальная размерность аттракторов.
2. Землетрясения, индуцированные воздействием человека на подземные флюидные системы. Сейсмичность на месторождениях углеводородов. Основные механизмы землетрясений, индуцированных разработкой месторождений углеводородов.

#### Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Порядок проведения контрольных работ:

Во время проведения контрольных работ обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, калькуляторами.

Порядок проведения устного экзамена:

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамена при подготовке ответов на билеты, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций, семинаров и любой другой литературой.

Во время проведения экзамена при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины, он не может пользоваться конспектами лекций и семинаров и любой другой литературой.