

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы физики
и исследований им. Ландау**

А.В. Рогачев

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине:	Физические основы обработки и принципы интерпретации сейсмоакустических данных при разведке углеводородов и инженерных изысканиях
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра прикладной геофизики
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - 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.А. Тихоцкий, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры прикладной геофизики 28.01.2022

Аннотация

Курс «Физические основы обработки и принципы интерпретации сейсмоакустических данных при разведке углеводородов и инженерных изысканиях» нацелен на то, чтобы ознакомить слушателей с основными теоретическими и практическими аспектами работы с сейсмическими данными. Полученные ранее знания об аппарате механики сплошных сред используются для анализа геологических сред, в значительной степени – для решения задач сейсморазведки. Рассматриваются ключевые задачи распространения упругих волн разного типа в неоднородных средах: показано, как можно использовать информацию об отраженных волнах для того, чтобы восстанавливать информацию о строении среды.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование знаний в области физических основ методов сейсмической разведки в различных модификациях, включая вопросы генерации, распространения и приёма сейсмических колебаний, а также – навыков обработки и интерпретации результатов сейсмических исследований.

Задачи дисциплины

- познакомить студентов с основными уравнениями, описывающими распространение акустических и упругих волн в однородной и неоднородной среде, в том числе – в различных приближениях;
- дать представление о физических принципах и методах генерации и приёма сейсмических колебаний;
- познакомить студентов с особенностями волновой картины, возникающей при различных системах наблюдений, и вытекающих из неё принципах организации регистрирующих систем и особенностях обработки результатов наблюдений;
- дать представление об основных принципах интерпретации данных сейсморазведки при решении практических задач.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- Уравнения движения упругой среды, описывающие распространение акустических и упругих колебаний в однородных и неоднородных средах, их фундаментальные решения для однородной среды;
- Законы преломления и отражения упругих волн на границах раздела сред;
- Область применения и основные понятия лучевого приближения в сейсмоакустике;
- Основы теории рассеяния упругих волн;
- Теорему Бетти, теорему представления для акустических колебаний;
- Основные принципы генерации акустических колебаний в жидкости (пневмоисточники, электроискровые источники, пьезокерамические источники) и закономерности соответствующей волновой картины;
- Особенности волновой картины, определяемые наличием водного слоя (существование волн-спутников);
- Принципы организации приёма акустических колебаний в жидкости: оптимальное заглубление, заглублённые компоновки, придонные и донные косы;
- Принципы организации 2D и 3D наблюдений в сейсморазведке;
- Основные процедуры обработки данных сейсморазведки: ввод геометрии, ввод статики, подавление волны-спутника, фильтрация, деконволюция, ввод кинематических поправок, суммирование ОГТ;
- Методы скоростного анализа данных сейсморазведки ОГТ и уточнения скоростной модели;
- Основные принципы временной и глубинной миграции сейсмических данных;
- Основные принципы инверсии сейсмических данных (акустическая инверсия и AVO/AVA упругая инверсия)
- Общие принципы интерпретации сейсмических данных при разведке углеводородов и решении инженерно-геофизических задач.

уметь:

- выполнять моделирование распространения сейсмических волн в различных приближениях;
- выбирать методику и аппаратуру для сейсморазведки в зависимости от решаемой геолого-геофизической задачи и условий наблюдений;
- проводить базовые процедуры обработки данных сейсморазведки и строить временные разрезы амплитуд;
- определять необходимость и выбирать методику миграции сейсмических данных;
- выбирать метод сейсмической инверсии в зависимости от характера имеющихся данных и решаемой геолого-геофизической задачи;
- проводить первичную интерпретацию результатов обработки сейсмических данных (временных и глубинных разрезов амплитуд, разрезов импедансов).

владеть:

- методами моделирования распространения сейсмических волн;
- навыками работы с программным обеспечением для обработки данных сейсморазведки;
- представлениями о характеристиках различных типов аппаратуры для сейсморазведки;
- навыками интерпретации сейсмических разрезов

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	Основные уравнения сеймики неоднородных сред	2	4		6
2	Лучевая сеймика неоднородных сред: применение и основные понятия	2			2
3	Теоремы Бетти и представления для упругих волн	1			1

4	Методы генерации акустических колебаний в жидкости	1			1
5	Организация систем наблюдений в сейсморазведке	1			1
6	Базовая обработка данных сейсморазведки	2	4		6
7	Миграция сейсмических данных	2	1		3
8	Инверсия сейсмических данных	2	2		4
9	Особенности организации и интерпретации данных сейсморазведки на углеводороды	1	2		3
10	Особенности организации и интерпретации данных инженерной сейсморазведки	1	2		3
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: 2 (Весенний)

1. Основные уравнения сейсмики неоднородных сред

Уравнения движения сплошной среды (акустический случай), волновое уравнение (однородная среда), общее решение волнового уравнения, граничные условия, потенциалы Гельмгольца, отражение и преломление плоских волн на границах раздела (уравнения для амплитуд), зависимость коэффициентов отражения и преломления от угла падения, полное отражение, головные волны. Функция Грина волнового уравнения в жидкости и в упругой среде.

2. Лучевая сейсмика неоднородных сред: применение и основные понятия

Вывод уравнения эйконала как приближения нулевого порядка при малой длине волны (процедура Дебая-Рытова), основные понятия лучевой сейсмики, зона Френеля, луч как осевая линия совокупности зон Френеля при конечной длине волны, ограничение на применение лучевого приближения. Уравнения сейсмического луча. Обзор основных методов численного решения прямой задачи лучевой сейсмики.

3. Теоремы Бетти и представления для упругих волн

Принцип взаимности для акустических колебаний. Представление поля давления в виде поверхностного интеграла (теорема представления). Теорема Бетти. Принцип взаимности для упругих волн. Теорема представления для поля упругих волн. Связь теоремы представления и принципа Гюйгенса-Френеля. Теорема представления как основа миграции Кирхгофа.

4. Методы генерации акустических колебаний в жидкости

Генерация колебаний путём создания газового пузыря в жидкости. Общие принципы развития газового пузыря, формируемое поле давления. Пневматические источники колебаний. Формирование газового пузыря за счёт электрического разряда в воде, электроискровой источник: физика процесса и особенности поля давления. Иные способы генерации акустических колебаний. Пьезокерамический источник. Перспективные направления: источники квазигармонических колебаний в жидкости.

5. Организация систем наблюдений в сейсморазведке

Методы регистрации сейсмических колебаний. Сейсмические приёмники и косы. Особенности волновой картины при сейсморазведке на акваториях. Волны-спутники и их влияние на форму и спектральный состав сигнала. Влияние заглупления источников и приёмников на результаты наблюдений. Приповерхностные наблюдения с оптимальным заглуплением: достоинства и недостатки. Перезаглуплённые системы регистрации. Непрерывное сейсмическое профилирование. 2D и 3D наблюдения на акваториях. Донные компонентные косы и донные станции: устройство и применение.

6. Базовая обработка данных сейсморазведки

Основные процедуры обработки данных сейсморазведки: ввод геометрии, ввод статики, подавление волны-спутника, фильтрация, деконволюция, ввод кинематических поправок. Вертикальный и горизонтальный скоростной анализ. Скорости ОГТ, пластовые скорости, их взаимосвязь. Суммирование ОГТ. Построение временных разрезов.

7. Миграция сейсмических данных

Назначение и принципы сейсмической миграции. Миграция как продолжение сейсмического волнового поля. Значение теоремы представления и принципа Гюйгенса-Френеля. Миграция до суммирования и после суммирования. Временная миграция Кирхгофа: достоинства и недостатки. Глубинная миграция, значение и способы построения скоростной модели для глубинной миграции. Глубинная миграция Кирхгофа. Миграция в обратном времени.

8. Инверсия сейсмических данных

Назначение и принципы сейсмической инверсии. Упругий импеданс и сдвиговый импеданс. Детерминистическая акустическая инверсия. SSDI инверсия. Последовательная инверсия. Модельный подход к инверсии. Достоинства и недостатки различных подходов. Упругая AVO-AVA инверсия. Назначение и принципы построения низкочастотной модели при инверсии, увязка со скважинными данными. Стохастическая инверсия: принципы, достоинства и недостатки.

9. Особенности организации и интерпретации данных сейсморазведки на углеводороды

Нефтегазоносные структуры и их отображение в сейсмических данных. Структурные признаки месторождений углеводородов. Связь флюидонасыщения и фильтрационно-емкостных свойств пород-коллекторов с эффективными свойствами среды (обзор). Отражение субсейсмической трещиноватости в сейсмических атрибутах (импедансы, когерентность и др.). Атрибутный анализ. Характерные параметры морских сейсмических съёмки на углеводороды. Интерпретация результатов.

10. Особенности организации и интерпретации данных инженерной сейсморазведки

Задачи, решаемые в ходе инженерно-геофизических исследований. Характерные параметры инженерной сейсмики, используемая аппаратура, методики и системы наблюдения. Сейсморазведка высокого, сверхвысокого и ультравысокого разрешения: их назначение и возможности. Особенности обработки и интерпретации результатов морской инженерной сейсмики. Опасные геологические объекты, выделяемые при помощи инженерной сейсмики.

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

Аудитория с компьютерами. Компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, интерактивная доска).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Введение в механику сплошных сред: в приложении к теории волн [Текст]/Л. М. Бреховских, В. В. Гончаров, -М., Наука, 1982
2. Теоретическая физика [Текст]. В 10 т. Т. 7. Теория упругости / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, М., Наука, 1987, 2003, 2007
3. Введение в статистическую радиофизику [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 : учеб. пособие для вузов. Случайные поля / С. М. Рытов, Ю. А. Кравцов, В. И. Атарский ; под общ. ред. С. М. Рытова .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Наука, 1978 .— 463 с.

Дополнительная литература

1. Ермаков А. П. Введение в сейсморазведку. ГЕРС. Тверь. 2012. 160 с.
2. Кауфман А.А., Левшин А.Л. Введение в теорию геофизических методов. Ч. 3. Акустические и упругие волновые поля в геофизике. М.: ООО "Недра-Бизнесцентр". 2001. 519 с.
3. Кауфман А.А., Левшин А.Л., Ларнер К.Л. Введение в теорию геофизических методов. Ч. 4. Акустические и упругие волновые поля в геофизике. М.: ООО "Недра-Бизнесцентр". 2003. 661 с.
4. Кауфман А.А., Левшин А.Л. Введение в теорию геофизических методов. Ч. 5. Акустические и упругие волновые поля в геофизике. М.: ООО "Недра-Бизнесцентр". 2006. 663 с.
5. Шалаева, Н. В., Старовойтов А. В. Основы сейсмоакустики на мелководных акваториях. М.: МГУ, 2010, 254 с.

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

Не используются

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

На занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра прикладной геофизики
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен	
Разработчик:	С.А. Тихоцкий, д-р физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физические основы обработки и принципы интерпретации сейсмоакустических данных при разведке углеводородов и инженерных изысканиях» обучающийся должен:

знать:

- Уравнения движения упругой среды, описывающие распространение акустических и упругих колебаний в однородных и неоднородных средах, их фундаментальные решения для однородной среды;
- Законы преломления и отражения упругих волн на границах раздела сред;
- Область применения и основные понятия лучевого приближения в сейсмоакустике;
- Основы теории рассеяния упругих волн;
- Теорему Бетти, теорему представления для акустических колебаний;
- Основные принципы генерации акустических колебаний в жидкости (пневмоисточники, электроискровые источники, пьезокерамические источники) и закономерности соответствующей волновой картины;
- Особенности волновой картины, определяемые наличием водного слоя (существование волн-спутников);
- Принципы организации приёма акустических колебаний в жидкости: оптимальное заглубление, заглублённые компоновки, придонные и донные косы;
- Принципы организации 2D и 3D наблюдений в сейсморазведке;
- Основные процедуры обработки данных сейсморазведки: ввод геометрии, ввод статики, подавление волны-спутника, фильтрация, деконволюция, ввод кинематических поправок, суммирование ОГТ;
- Методы скоростного анализа данных сейсморазведки ОГТ и уточнения скоростной модели;
- Основные принципы временной и глубинной миграции сейсмических данных;
- Основные принципы инверсии сейсмических данных (акустическая инверсия и AVO/AVA упругая инверсия)
- Общие принципы интерпретации сейсмических данных при разведке углеводородов и решении инженерно-геофизических задач.

уметь:

- выполнять моделирование распространения сейсмических волн в различных приближениях;
- выбирать методику и аппаратуру для сейсморазведки в зависимости от решаемой геолого-геофизической задачи и условий наблюдений;
- проводить базовые процедуры обработки данных сейсморазведки и строить временные разрезы амплитуд;
- определять необходимость и выбирать методику миграции сейсмических данных;
- выбирать метод сейсмической инверсии в зависимости от характера имеющихся данных и решаемой геолого-геофизической задачи;
- проводить первичную интерпретацию результатов обработки сейсмических данных (временных и глубинных разрезов амплитуд, разрезов импедансов).

владеть:

- методами моделирования распространения сейсмических волн;
- навыками работы с программным обеспечением для обработки данных сейсморазведки;
- представлениями о характеристиках различных типов аппаратуры для сейсморазведки;
- навыками интерпретации сейсмических разрезов

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

Примеры вопросов для текущего контроля:

1. Записать уравнение движения неоднородной упругой среды.
2. Записать отражение и преломление плоских упругих волн на границах раздела сред.
3. Записать обменные волны.
4. Записать методы численного решения прямой задачи лучевой сейсмологии.

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

Перечень контрольных вопросов:

1. Волновое уравнение, область его применения в сейсморазведке. Уравнение Гельмгольца.
2. Функция Грина волнового уравнения для жидкости (газа) и для упругой среды. Продольные и поперечные волны.
3. Потенциалы Гельмгольца для упругих волн. Уравнение для потенциалов Гельмгольца.
4. Зависимость коэффициентов отражения и преломления от угла падения.
5. Зависимость коэффициентов отражения и преломления от угла падения.
6. Электроискровой источник: принцип, характеристики, особенности волновой формы и применение.
7. Методы численного решения прямой задачи лучевой сейсмологии.
8. Поведение газового пузыря в жидкости и особенности возникающего поля волн давления.
9. Пьезокерамический источник акустических колебаний в жидкости.
10. Приёмники волн давления (геофоны): принцип действия и характеристики.
11. Системы наблюдений для морской сейсморазведки НСП, 2D ОГТ и 3D ОГТ.
12. Сейсмическая миграция: назначение и физические основы.
13. Сопоставление характеристик и возможностей сейсморазведки высокого, сверхвысокого и ультравысокого разрешения. Их назначение и возможности комплексирования.
14. Вертикальный и горизонтальный скоростной анализ в морской сейсморазведке ОГТ.
15. Отражение нефтегазоносных структур на временных и глубинных разрезах.

Примеры экзаменационных билетов

Билет 1.

1. Волновое уравнение, область его применения в сейсморазведке. Уравнение Гельмгольца.
2. Электроискровой источник: принцип, характеристики, особенности волновой формы и применение.
3. Системы наблюдений для морской сейсморазведки НСП, 2D ОГТ и 3D ОГТ.

Билет 2.

1. Функция Грина волнового уравнения для жидкости (газа) и для упругой среды. Продольные и поперечные волны.
2. Методы численного решения прямой задачи лучевой сейсмологии.
3. Сейсмическая миграция: назначение и физические основы.

Билет 3.

1. Потенциалы Гельмгольца для упругих волн. Уравнение для потенциалов Гельмгольца.
2. Поведение газового пузыря в жидкости и особенности возникающего поля волн давления.
3. Сопоставление характеристик и возможностей сейсморазведки высокого, сверхвысокого и ультравысокого разрешения. Их назначение и возможности комплексирования.

Билет 4.

1. Зависимость коэффициентов отражения и преломления от угла падения.
2. Пьезокерамический источник акустических колебаний в жидкости.
3. Вертикальный и горизонтальный скоростной анализ в морской сейсморазведке ОГТ

Билет 5.

1. Теорема представления для волн давления и для упругих волн, её физическая интерпретация.
2. Приёмники волн давления (геофоны): принцип действия и характеристики.
3. Отражение нефтегазоносных структур на временных и глубинных разрезах.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

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

Экзамен проводится в письменной форме по билетам. В каждом билете представлено три теоретических вопроса. При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.