

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Термодинамика подземной гидросферы и граничной атмосферы М2.Б.5

Направление подготовки: 011800.68 - Радиофизика

Профиль подготовки: Радиофизические методы по областям применений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Куштанова Г.Г.

**Рецензент(ы):**

Овчинников М.Н.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Овчинников М. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, д.н. (доцент) Куштанова Г.Г. Кафедра радиоэлектроники Отделение радиофизики и информационных систем ,  
Galya.Kushtanova@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) Термодинамика подземной гидросферы и пограничной атмосферы является изучение термодинамических процессов, протекающих в атмосфере, подземной гидросфере, литосфере, взаимодействие атмосферы с сушей, при разработке месторождений жидких и газообразных углеводородов, термодинамические эффекты и возможности их использования при создании методов интерпретации термограмм

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.Б.5 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.68 Радиофизика и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Данная учебная дисциплина входит в вариативную часть раздела "Б.2. Естественно-математический цикл" ФГОС ВПО и ПрООП по направлению подготовки "Радиофизика".

Для освоения содержания дисциплины необходимо знание основ математического анализа, физики. Она формирует общекультурные и профессиональные компетенции, необходимые для прохождения учебной и производственной практик, освоения модулей профессионального цикла.

Курс предназначен для магистрантов 1 года обучения, 2 семестр

Направление: 010800.68: Радиофизика

Магистратура "Радиофизические методы по областям применения"

М2.Б.5, профессиональный цикл

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения исследовательских задач (в соответствии с профилем подготовки)
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики (в соответствии с профилем подготовки) и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

физические механизмы термодинамических процессов, протекающие в атмосфере, подземной гидросфере, процессах рассеяния - поглощения солнечной радиации.

2. должен уметь:

формулировать балансовые соотношения, рассчитать распределения давления, температур, вклад термодинамических эффектов.

3. должен владеть:  
методами анализа и интерпретации термограмм.

к расчету температур в нефтяной скважине.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью	2	1	1	1	0	устный опрос
2.	Тема 2. Тепловое поле Земли.	2	2-3	3	1	0	творческое задание
3.	Тема 3. Гидросфера.	2	4	0	2	0	устный опрос
4.	Тема 4. Особенности тепловых явлений в пористой среде.	2	5	1	1	0	устный опрос
5.	Тема 5. Основы интерпретации термограмм.	2	6-7	2	2	0	творческое задание
6.	Тема 6. Газовые гидраты.	2	8	1	1	0	устный опрос
7.	Тема 7. Введение. Основные уравнения.	2	9-10	2	2	0	устный опрос
8.	Тема 8. Методы аналитического исследования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов	2	11-12	2	2	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
9.	Тема 9. Методы численного интегрирования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов	2	13-14	2	2	0	устный опрос
10.	Тема 10. Приложения нелинейной волновой теории	2	15-16	2	2	0	устный опрос
	Итого			16	16	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью

###### *лекционное занятие (1 часа(ов)):*

Уравнение теплопроводности почвы. Уравнение теплового баланса земной поверхности. Взаимодействие атмосферы с деятельным слоем. Температура земной поверхности. Вертикальное распределение температуры почвы. Роль растительного и снежного покрова

###### *практическое занятие (1 часа(ов)):*

Уравнение теплового баланса земной поверхности. Взаимодействие атмосферы с деятельным слоем.

##### Тема 2. Тепловое поле Земли.

###### *лекционное занятие (3 часа(ов)):*

Распределение температуры с глубиной. Тектоника плит. Рифтогенез, спрединг, раздвиг, субдукция, коллизия. Основные этапы и общие закономерности развития земной коры. Основные источники энергии и глубинные механизмы тектонических процессов. Конвекция в мантии Земли. Распределение теплового потока на Земле. Влияние наличия геологических структур на тепловой режим приповерхностных толщ. Тепловые аномалии, сопутствующие залежам углеводородов. Суточные и годовые колебания температуры в приповерхностном слое земной коры.

###### *практическое занятие (1 часа(ов)):*

Сезонные и суточные вариации распределения тепла в земной коре, составление программы и расчет (Matlab или Maple)

##### Тема 3. Гидросфера.

###### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

презентация

##### Тема 4. Особенности тепловых явлений в пористой среде.

###### *лекционное занятие (1 часа(ов)):*

Адиабатический процесс. Дроссельный процесс. Температурное поле жесткой пластовой системы. Уравнение энергии. Термозондирование пласта. Температурное поле упругого пласта. Калориметрический эффект в стволе скважины. Метод расчета дебитов отдельных пластов.

###### *практическое занятие (1 часа(ов)):*

Расчет изменения температуры при адиабатическом и дроссельном процессе

##### Тема 5. Основы интерпретации термограмм.

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Выделение поглощающих интервалов. Выделение работающих интервалов. Выделение интервалов работающих нефтью и водой. Определение герметичности обсадной колонны и забоя. Перетоки снизу вверх и сверху вниз. Факторы нарушающие тепловое поле (бурение, цементаж, промывка, перфорация)

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Интерпретации тестовых и промысловых термограмм

**Тема 6. Газовые гидраты.**

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Строение, состав газовых гидратов. Термодинамические условия образования и разложения гидратов. Предотвращение выпадения гидратов. Газогидратные месторождения и возможные методы из разработки

**практическое занятие (1 часа(ов)):**

Термодинамические условия образования и разложения гидратов.

**Тема 7. Введение. Основные уравнения.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Динамические процессы в гидросфере, атмосфере и плазме. Классы исследуемых явлений и систем. Линейные системы. Нелинейные точно интегрируемые системы. Точно не интегрируемые системы. Свойства реальных сред: диссипация, дисперсия, нелинейность, неустойчивости. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом эффектов в реальных комплексных физических средах. Полная система уравнений гидродинамики в обобщенных переменных. Физический смысл функций и переменных для реальных физических сред. Классы нелинейных GKP и DNLS моделей. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом дисперсионных эффектов высшего порядка, диссипации и неустойчивостей.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Полная система уравнений гидродинамики в обобщенных переменных. Вывод уравнений КдВ и КП. Законы сохранения для уравнений КдВ и КП. Приложения к реальным физическим средам

**Тема 8. Методы аналитического исследования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Анализ устойчивости решений на основе метода исследования трансформационных свойств гамильтониана соответствующей системы. Качественный и асимптотический анализ решений и классификация решений в фазовом пространстве и по характеру асимптотик.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Аналитические методы интегрирования уравнений КП-класса. Метод обратной задачи рассеяния для уравнения КдВ. ?Метод одевания? для уравнения КП.

**Тема 9. Методы численного интегрирования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Явные и неявные разностные схемы численного интегрирования. Метод стабилизирующего множителя Петвиашвили и динамический спектральный метод. Численные 2D и 3D решения уравнений класса GKP. Численные подходы к исследованию уравнений класса 3-DNLS, решения ? альфвеновские солитоны.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Анализ устойчивости неодномерных солитонов обобщенного уравнения КП. Анализ устойчивости 3D альфвеновских волн в замагниченной плазме. Качественный анализ и асимптотики для моделей обобщенного уравнения КдВ и GKP.

**Тема 10. Приложения нелинейной волновой теории**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Динамика уединенных волн и солитонов на поверхности ?мелкой? жидкости: гравитационные и гравитационно-капиллярные волны, волны цунами. Уединенные волновые возмущения в атмосфере и ионосфере, генерируемые импульсными источниками (сейсмические процессы, фронты солнечного затмения и солнечного терминатора, мощные искусственные взрывы). Динамика ионно-звуковых и магнитозвуковых (БМЗ) волн в плазме (ионосфера и магнитосфера Земли, астрофизика, включая релятивистский предел). Эволюция в средах с переменной дисперсией (волны в жидкости и плазме).

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Динамика солитонов уравнений КдВ и КП в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля. Методы численного исследования уравнений КдВ-класса. Явные и неявные схемы, аппроксимация и устойчивость. Метод стабилизирующего множителя Петвиашвили и динамический спектральный метод. Метод численного интегрирования уравнения 3-DNLS Белашова.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью	2	1	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Тепловое поле Земли.	2	2-3	подготовка к творческому заданию	4	творческое задание
3.	Тема 3. Гидросфера.	2	4	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
4.	Тема 4. Особенности тепловых явлений в пористой среде.	2	5	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
5.	Тема 5. Основы интерпретации термограмм.	2	6-7	подготовка к творческому заданию	4	творческое задание
6.	Тема 6. Газовые гидраты.	2	8	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
7.	Тема 7. Введение. Основные уравнения.	2	9-10	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
8.	Тема 8. Методы аналитического исследования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов	2	11-12	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
9.	Тема 9. Методы численного интегрирования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов	2	13-14	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
10.	Тема 10. Приложения нелинейной волновой теории	2	15-16	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
	Итого				40	



## **5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

Используются такие интерактивные формы обучения как обсуждение теоретических вопросов, подготовка и представление докладов, проведение блиц-опросов, применение роли экспертов для студентов.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью**

устный опрос , примерные вопросы:

Уравнение теплового баланса земной поверхности. Взаимодействие атмосферы с деятельным слоем.

### **Тема 2. Тепловое поле Земли.**

творческое задание , примерные вопросы:

Основные источники энергии и глубинные механизмы тектонических процессов. Конвекция в мантии Земли.

### **Тема 3. Гидросфера.**

устный опрос , примерные вопросы:

Виды подземных вод. Водные запасы гидросферы, время возобновления запасов.

### **Тема 4. Особенности тепловых явлений в пористой среде.**

устный опрос , примерные вопросы:

Термодинамические эффекты, их величина. Калориметрический эффект, конкретный расчет

### **Тема 5. Основы интерпретации термограмм.**

творческое задание , примерные вопросы:

Выделение интервалов, перетоков, негерметичностей.

### **Тема 6. Газовые гидраты.**

устный опрос , примерные вопросы:

Термодинамические условия образования, разложения.

### **Тема 7. Введение. Основные уравнения.**

устный опрос , примерные вопросы:

Полная система уравнений гидродинамики в обобщенных переменных. Физический смысл функций и переменных для реальных физических сред. Классы нелинейных GKP и DNLS моделей. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом дисперсионных эффектов высшего порядка, диссипации и неустойчивостей.

### **Тема 8. Методы аналитического исследования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов**

устный опрос , примерные вопросы:

Аналитические методы интегрирования уравнений КП-класса. Метод обратной задачи рассеяния для уравнения КдВ. ?Метод одевания? для уравнения КП.

### **Тема 9. Методы численного интегрирования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов**

устный опрос , примерные вопросы:

Анализ устойчивости неоднородных солитонов обобщенного уравнения КП. Анализ устойчивости 3D альфвеновских волн в замагниченной плазме. Качественный анализ и асимптотики для моделей обобщенного уравнения КдВ и GKP.

### **Тема 10. Приложения нелинейной волновой теории**

устный опрос , примерные вопросы:

Метод стабилизирующего множителя Петвиашвили и динамический спектральный метод. Метод численного интегрирования уравнения 3-DNLS Белашова.



Примерные вопросы к зачету:

Задания:

- моделирование периодического изменения температуры приповерхностного слоя Земли в течение суток и года.
- интерпретация термограмм.

Вопросы к зачету:

1. Уравнения теплового баланса земной поверхности. Роль растительного и снежного покрова
2. Уравнение калометрического смешивания. Определение дебита пластов по термограмме.
3. Дроссельный эффект. Разделение интервалов притока воды и нефти.
4. Адиабатический эффект. Его практическое использование в диагностике состояния скважин и пластов.
5. Уравнение энергии жесткой пластовой системы. Распространение теплового возмущения от пласта в выше - и нижележащие породы.
6. Определение пластов по термограмме .
7. Выделение перетоков по термограммам.
8. Строение, состав газовых гидратов. Термодинамические условия образования и разложения гидратов.

### 7.1. Основная литература:

1. Кузнецов С. И. Курс физики с примерами решения задач. Молекулярная физика. Термодинамика: учебное пособие / С.И. Кузнецов; под ред. В.В. Ларионова. - 3 изд. перераб., доп. - Томск: Изд-во ТПУ, 2011. - 177 с. // <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2012/m18.pdf>
2. Элементарный учебник физики: Учебное пособие. В 3 т. Том 1: Механика. Теплота. Молекулярная физика/ под ред. Г.С. Ландсберга. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 609 с. // <http://www.alleng.ru/d/phys/phys64.htm>
3. Браже Р.А. Восемь лекций по физике атмосферы и гидросферы: учебное пособие. - 2-е изд., испр. и доп. - Ульяновск: УлГТУ, 2010. - 82 с. // <http://window.edu.ru/>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Хаин В.Е. Геотектоника с основами геодинамики / В.Е. Хаин, М.Г. Ломидзе. - М.: КДУ, 2005, - 560с.
2. Чекалюк Э.Б. Термодинамика нефтяного пласта / Э.Б. Чекалюк. - М.: Недра, 1965.-238 с.
3. Паршин, А.В. Исследование нестационарных температурных полей в нефтегазовых пластах применительно к термометрии скважин /А.В. Паршин. Дисс. на соискание уч. ст. канд. техн.наук.-Уфа, 2012.- 154с. // <http://diss.rsl.ru>
4. ЧУПРОВ, И. Ф. Теоретические и технологические основы теплового воздействия на залежи аномально вязких нефтей и битумов/И.Ф. Чупров. Дисс. на соискание уч. ст. докт. техн.наук.-Ухта, 2009.- 277с.// <http://diss.rsl.ru>
5. Шестаков В.М. Гидрогеология / В.М. Шестаков.- М.: ИКЦ "Академкнига", 2003.- 176с.
6. Валиуллин Р.А. Термические исследования при компрессорном освоении скважин/ Р.А.Валиуллин, А.Ш. Рамазанов. - Уфа: изд-во Баш. ун-та, 1992. - 165 с.
7. Куштанова Г.Г. Температурный контроль разработки месторождений нефти и газа / Г.Г. Куштанова.- Казань: Новое знание, 2003. - 180 с.
8. Макогон Ю.Ф. Гидраты природных газов / Ю.Ф. Макогон. М.:Недра,1974, - 208с.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

геотермальная энергия - <http://www.altenergo-nii.ru/renewable/geothermal/>

гидраты природных газов - <http://theorphysics.info/load/17>

гидросфера - <http://www.youtube.com/watch?v=tBvVrEfTr6Y>

движение плит - <http://www.intellect-video.com/1432/Gordon-Dvizhenie-kontinentov-online>

тектоника - <http://www.geohit.ru/tectonic/1.html>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Термодинамика подземной гидросферы и граничной атмосферы" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Перечень материально-технического обеспечения включает в себя:

- студенты имеют возможность получать доступ к электронным ресурсам сети Интернет через в аудитории для самостоятельной работы;
- стационарное и переносное демонстрационное оборудование (мультимедийные проекторы, ноутбуки).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.68 "Радиофизика" и магистерской программе Радиофизические методы по областям применений .

Автор(ы):

Куштанова Г.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Овчинников М.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.