



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Иркутский государственный университет»**  
**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**  
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан географического факультета  
Вологжина С.Ж.  
«06» мая 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Индекс дисциплины по УП: ФТД.1

Наименование дисциплины (модуля): Физика верхней и средней атмосферы

Направление подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре: 05.06.01 Науки о Земле

Направленность программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры):  
Метеорология, климатология, агрометеорология (географические науки)

Форма обучения: очная, заочная

Согласовано с УМК географического  
факультета  
протокол № 4 от «06» 05 2019 г.  
Председатель УМК Вологжина С.Ж. / Вологжина С.Ж.

Программа рассмотрена на заседании кафедры  
метеорологии и охраны атмосферы  
Протокол № 6, от «22» апреля 2019 г.  
и.о. зав. кафедрой Латышева И.В. / Латышева И.В.

Иркутск 2019 г.

## Содержание

	Стр.
1. Цели и задачи дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ООП	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины	3
4. Объем дисциплины и виды учебной работы	4
5. Содержание дисциплины	4
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины	4
5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами	6
5.3 Разделы и темы дисциплины и виды занятий	6
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	6
6.1 Тематика заданий для самостоятельной работы	7
6.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	8
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	8
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:	8
а) основная литература	8
б) дополнительная литература	9
в) программное обеспечение	10
г) профессиональные базы данных, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	10
д) информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	10
е) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины	10
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	11
10. Образовательные технологии	11
11. Оценочные средства (ОС)	11

## 1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью факультатива «Физика верхней и средней атмосферы» является получение фундаментальных знаний по физическим и динамическим процессам средней и верхней атмосферы, возможности их использования в процессе дальнейшего обучения, при прохождении практик, написания научных работ, в своей научной и педагогической деятельности.

Задачами дисциплины «Физика верхней и средней атмосферы» являются:

- Получение современных знаний о внешних и внутренних физико-химических, геофизических и межпланетных процессах, определяющих строение и состав атмосферы Земли, её динамику.
- Приобретение навыков качественного и количественного моделирования поведения атмосферы под действием различных факторов.

## 2. Место и роль дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика верхней и средней атмосферы» относится к факультативным дисциплинам основной профессиональной образовательной программы по направленности (профилю) подготовки «Метеорология, климатология, агрометеорология» направления подготовки 05.06.01 Науки о Земле.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями (ОПК):

ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК):

- ПК-2 умение анализировать, обобщать и систематизировать с применением современных компьютерных технологий результаты научно-исследовательских работ, имеющих гидрометеорологическую направленность;

- ПК-3 глубоким пониманием и творческим использованием в научной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных дисциплин;

- ПК-4 самостоятельным выполнением экспедиционных, лабораторных, вычислительных исследований в области гидрометеорологии при решении научно-исследовательских задач с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств.

В процессе изучения дисциплины «Физика верхней и средней атмосферы» аспирант должен приобрести знания и умения, необходимые для его дальнейшего профессионального становления, а именно:

**Знать:** современные представления о строении и взаимодействии различных областей атмосферы, атмосферы и океана, атмосферы и околоземного космического пространства, солнечного излучения и атмосферы; современные методы исследования атмосферы и её поведения в различном геофизическом окружении; основные теоретические представления о строении атмосферы, её динамике, физико-химических процессах в атмосфере; основные источники (модельные и экспериментальные) геофизической информации о характеристиках атмосферы и их динамике.

**Уметь:** применить современные представления о строении и взаимодействии различных областей атмосферы для качественного анализа геофизических явлений, связанных с Солнцем, атмосферой, океаном и околоземным космическим пространством; определить метод исследования, необходимый для качественного анализа поведения атмосферы в конкретном геофизическом аспекте; количественно оценить влияние того или иного процесса на общую картину поведения атмосферы; провести статистический анализ результатов исследования атмосферы, выполнить физико-статистическую интерпретацию полученных результатов.

**Владеть:** базовой терминологией для описания характеристик атмосферы и их динамики;

базовыми навыками применения различных методов исследования атмосферы; базовыми навыками получения количественных оценок влияния различных физико-химических процессов на поведение атмосферы; базовыми навыками статистического, корреляционного и спектрального анализа данных о геофизическом окружении.

#### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц (очная/заочная)	Курс			
		2			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	24/16	24/16			
В том числе:					
Лекции	12/10	12/10			
Практические занятия (ПЗ)	12/6	12/6			
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	48/56	48/56			
Вид промежуточной аттестации	зачет	зачет			
<b>Контактная работа (всего)</b>	24/16	24/16			
Общая трудоемкость					
часы	72/72	72/72			
зачетные единицы	2/2	2/2			

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1 Содержание разделов и темы дисциплины

###### Раздел 1. Строение и динамика атмосферы Земли.

Тема 1. Происхождение атмосферы Земли и эволюция её состава. Влияние солнечного излучения, геологических факторов и органической жизни на атмосферу. Долгосрочный прогноз состояния атмосферы, сравнение с Марсом и Венерой, обзор возможных сценариев динамики строения и состава. Краткосрочный прогноз состояния, необходимость получения знаний о событиях погоды и краткосрочной динамики на всех уровнях для обеспечения текущей человеческой деятельности на Земле и в околоземном космическом пространстве.

Тема 2. Динамика атмосферы. Фундаментальные силы: градиент давления, гравитация, вязкость. Силы в неинерциальной системе отсчёта: центостремительное ускорение и центробежная сила, сила тяжести, сила Кориолиса и эффект кривизны, вариации углового момента. Структура статической атмосферы. Гидростатическое уравнение, давление как вертикальная координата.

Тема 3. Основные законы сохранения физических характеристик. Полная производная вектора во вращающейся системе координат. Векторная форма уравнения движения. Переход в сферическую систему координат. Геострофическое приближение и геострофический ветер. Приближённые прогностические уравнения, числа Россби. Гидростатическое приближение. Термодинамика сухой атмосферы. Потенциальная температура, статическая устойчивость.

Тема 4. Элементарные применения основных уравнений. Уравнение горизонтального движения, уравнение неразрывности, уравнение термодинамической энергии. Сбалансированный поток. Траектории и потоки. Тепловой ветер. Вертикальное движение.

Тема 5. Приливы и волны в атмосфере. Акустические волны, мелководные гравитационные волны, волны Россби. Атмосферные гравитационные волны. Энергетика вертикально распространяющихся

волн. Квазидвухлетняя осцилляция. Внезапное стратосферное потепление.

Тема 6. Общее строение верхней атмосферы. Термосфера и ионосфера. Турбопауза. Гидростатическое равновесие. Слоистая структура ионосферы. Региональные и временные (суточные, сезонные, гелиоциклические) вариации основных параметров ионосферных слоев. Ионосферные аномалии. Основные физические процессы в ионосфере. Ионизирующее излучение Солнца. Ионизация нейтральной атмосферы. Ионизационная функция и теория простого слоя Чепмена. Фотоэлектроны. Уравнение баланса ионизации. Фотохимическое равновесие. Типы химических реакций в ионосфере. Диффузия в ионосфере. Амбиполярное приближение.

### **Раздел 2. Радиационные и химические процессы в атмосфере Земли.**

Тема 1. Солнечное излучение в атмосфере. Поглощение и рассеяние излучения. Тепловые и фотохимические эффекты излучения.

Тема 2. Химия атмосферы. Кислородные составляющие, углеродные компоненты, водородные соединения, азотные составляющие соединения хлора, серные компоненты. Общий баланс озона. Ионы в атмосфере.

### **Раздел 3. Атмосферный аэрозоль.**

Тема 1. Водорастворимые и твёрдые аэрозоли, время жизни аэрозолей. Тропосферные аэрозоли, стратосферные аэрозоли.

Тема 2. Образование облаков, микрофизика облаков. Тропосферная облачность, стратосферная облачность, мезосферные облака.

### **Раздел 4. Атмосферное электричество.**

Тема 1. Формирование грозовых облаков. Физика электрического разряда в газе. Электрические характеристики атмосферы.

Тема 2. Физика молниевых разрядов, виды молний. Высотные молниевые разряды. Глобальная электрическая цепь.

### **Раздел 5. Взаимодействие слоев атмосферы, атмосферы и океана.**

Тема 1. Крупномасштабная циркуляция океана. Теплообмен между океаном и атмосферой. Термический режим системы океан-атмосфера и его воздействие на климат.

Тема 2. Процессы переноса в стратосфере и тропосфере, стратосферно-тропосферный обмен. Влияние стратосферы на тропосферную погоду и климат.

Тема 3. Химия ионов верхней атмосферы. Свечение верхней атмосферы. Ионосфера. Солнечные вспышки и геомагнитные бури.

## **5.2 Разделы и темы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи**

Изучение дисциплины «Физика верхней и средней атмосферы» базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин бакалавриата Б1.В.ОД.2 «Геофизическая гидродинамика», Б1.В.ОД.6 «Динамическая метеорология» и магистратуры Б1.В.ОД.3 «Теория климата», Б1.В.ДВ.2.2 «Взаимодействие атмосферы и океана», Б1.В.ДВ.4.1. «Теория общей циркуляции атмосферы».

Дисциплина «Физика верхней и средней атмосферы» изучается на втором курсе.

## **5.3 Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий**

№	Раздел	Всего часов (очно/заочно)	Аудиторные занятия (очно/заочно)		СРС (очно/заочно)
			Лекции	Практические занятия	
1	Строение и динамика атмосферы Земли	18/16	4/2	4/2	10/12
2	Радиационные и химические процессы в атмосфере Земли	14/14	2/2	2/1	10/11
3	Атмосферный аэрозоль	14/14	2/2	2/1	10/11
4	Атмосферное электричество	14/14	2/2	2/1	10/11

№	Раздел	Всего часов (очно/заочно)	Аудиторные занятия (очно/заочно)		СРС (очно/заочно)
			Лекции	Практические занятия	
5	Взаимодействие слоев атмосферы, атмосферы и океана	12/14	2/2	2/1	8/11
<b>Итого (часы/з.е.)</b>		<b>72/2 / 72/2</b>	<b>12/10</b>	<b>12/6</b>	<b>48/56</b>

#### 6 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование практических работ	Трудоемкость (час.) (очно/заоч)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	1-5	Решение задач	12/6	<p>Оценка в баллах</p> <p><b>0-2:</b> не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями проводит расчеты.</p> <p><b>3:</b> знает только предмет и объекты изучения. При решении задач допускает ошибки.</p> <p><b>4:</b> Знает предмет и количественные закономерности физических явлений. При решении задач допускает незначительные ошибки.</p> <p><b>5:</b> Знает предмет и объекты изучения, владеет грамотным математическим научным языком и методами решения задач.</p>	ОПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4

#### 6.1 Тематика заданий для самостоятельной работы

Раздел	Тема	Вид самостоятельной работы, задание	Рекомендуемая литература	Всего часов(очно/заочно)
1	Строение и динамика	Конспектирование и выделение главных	основная литература:	10/12

	атмосферы Земли	тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме. Подготовка докладов с презентацией по основным вопросам.	1,2,3,13,14 дополнительная литература: 1	
2	Радиационные и химические процессы в атмосфере Земли	Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме. Подготовка докладов с презентацией по основным вопросам.	основная литература: 1,2,5,13 дополнительная литература: 3,5,6	10/11
3	Атмосферный аэрозоль	Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме. Подготовка докладов с презентацией по основным вопросам.	основная литература: 1,2,6,13 дополнительная литература: 3,5,6	10/11
4	Атмосферное электричество	Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме. Подготовка докладов с презентацией по основным вопросам.	основная литература: 3,4,14 дополнительная литература: 2	10/11
5	Взаимодействие слоев атмосферы, атмосферы и океана	Конспектирование и выделение главных тезисов по теме, формулирование проблемных вопросов по теме. Подготовка докладов с презентацией по основным вопросам.	основная литература: 8,9,10,11,12 дополнительная литература: 3,4,5,6	8/11

## 6.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Для выполнения всех перечисленных самостоятельных работ аспиранту предоставляется возможность использования одного из трех компьютерных классов во внеучебное время (предварительная запись у дежурных в классе, все компьютеры подключены к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду университета), фондов стационарной библиотеки в 6-м корпусе и фундаментальной библиотеки ИГУ, читальных залов Институтов академии наук (согласно заключенным с ними Договорами), фондов библиотеки Иркутского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, индивидуальных консультаций с преподавателями факультета (согласно графику еженедельных консультаций).

## 7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Выполнение курсовых работ учебным планом не предусмотрено.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

### а) основная литература:

Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1. Аэрономия средней атмосферы. Химия и физика стратосферы и мезосферы / Г. Брасье, С. Соломон; Пер. с англ. под ред. А.Д. Морозова. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 413 с. : ил. - Библиогр.: с. 400-406. - Предм. указ.: с. 409-413. - Б. ц.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
2. Взаимодействие стратосферы и тропосферы: пер. с англ. / К. Моханакумар. - М.: Физматлит, 2011. - 452 с.: ил. - Библиогр.: с. 431-437. - ISBN 978-5-9221-1348-9	Библиотека Института солнечно-земной физики (1)
3. Гидродинамическая устойчивость и динамика атмосферы [Текст] / Л. А. Дикий. - Л.: Гидрометеиздат, 1976. - 108 с. : ил. - Библиогр.: с.106-107. - Б. ц.	Библиотека Института солнечно-земной физики (1)
4. Атмосферное электричество [Текст] / Чалмерс, Дж. А. Пер. с англ. под ред. И.М. Имянитова. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 421 с. : ил. - Библиогр.: с.377-414. - Б. ц.	Библиотека Института солнечно-земной физики (2)
5. Аэрономия мезосферы и нижней термосферы [Текст] / В.В. Кошелев, Н.Н. Климов, Н.А. Сутырин. - М. : Наука, 1983. - 183 с. : ил. - Библиогр.: с. 159-182. - Б. ц. В надзаг.: АН СССР, СО, СибИЗМИР	Библиотека Института солнечно-земной физики (6)
6. Моделирование динамики и кинетики газовых примесей и аэрозолей в атмосфере [Текст] / А. Е. Алоян ; Институт вычислительной математики РАН. - М.: Наука, 2008. - 415 с.: ил. - Библиогр.: с. 401-415. - ISBN 978-5-02-036067-9 :	Библиотека Института солнечно-земной физики (1)
7. Влияние облачности на радиацию и климат [Текст] : научное издание / К. Я. Кондратьев, В. И. Биненко. - Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 240 с. : ил. - Библиогр.: с.230-238. - 20.00 р.	Библиотека Института солнечно-земной физики (1)
8. Физика взаимодействия атмосферы и океана [Текст] / С. А. Китайгородский. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 284 с. : ил. - Б. ц.	Библиотека Института солнечно-земной физики (1)
9. Синоптическая и крупномасштабная изменчивость океана и атмосферы [Текст] / В. И. Бышев. - М. : Наука, 2003. - 343 с. - Б. ц.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
10. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан - атмосфера и энергоактивные области мирового океана [Текст] / С. С. Лаппо, С. К. Гулев, А. Е. Рождественский. - Л.: Гидрометеиздат, 1990.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
11. Солнечно-земная физика : ч.1 / С. И. Акасофу, С. Чепмен ; Пер. с англ. под ред. Г.М. Никольского. - М. : Мир, 1974. - 384 с. : ил. - Парал. тит. л. на англ. яз. - Библиогр.: с.368-382. - Пер. изд. :Solar-terrestrialphysics / S. Akasofu, S. Chapman. - Б. ц.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
12. Солнечно-земная физика : ч.2 / С. И. Акасофу, С. Чепмен ; Пер. с англ. под ред. Г.М. Никольского. - М. : Мир, 1975. - 512 с. : ил. - Доп. тит. л. на англ. яз. - Библиогр.: с. 481-509. - Пер. изд.: Solar-terrestrialphysics / S. Akasofu, S. Chapman.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
13.Stratosphere Troposphere Interactions [Electronic resource] / К. Mohanakumar. - Berlin : Springer, 2008. - 423 p. - Б. ц.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
14. Физика атмосферы [Текст] / А. Х. Хргиан. - Л.: Гидрометеиздат, 1969. - 645 с. - Б. ц.	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ

**б) дополнительная литература:**

Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1. An introduction to dynamic meteorology [Text] / J. R. Holton. - 2nd ed. - New York : Acad. press, 1979. - 391 p. : ill. - (Intern. geophysical ser. ; vol.23 ). - Bibliogr.: p.379-382. - Б. ц.	Библиотека Института солнечно-земной физики (1)
2. An Introduction to Lightning, / Vernon Cooray, Springer, 2015. (386 pp.). ISBN 978-94-017-8937-0	ЭБ ( <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> ): неограниченный доступ
3. Популярная аэрономия / А.Д. Данилов. - Л.: Гидрометеиздат, 1978. - 136 с. : ил. - Библиогр. в конце текста. - Б. ц.	Библиотека Института солнечно-земной физики (5)
4. Серебристые облака и их наблюдение / В.А. Бронштэн. - М.: Наука, 1984. - 128 с. : ил. - (Б-ка любителя астрономии). - Б. ц.	Библиотека Института солнечно-земной физики (1)
5. Атмосфера и океан как геосферы [Текст] / Ю. В. Казанцев, А. Ф. Ломакин. - Владивосток: Дальнаука, 2002. - 220 с. : ил. - Б. ц.	Библиотека Института солнечно-земной физики (1)
6. Метеорология и физика верхней атмосферы : пер. с англ. / Р.А. Крейг. - Л.: Гидрометеиздат, 1970. - 505 с. : карты. - Библиогр. в конце глав. - Б. ц.	Библиотека Института солнечно-земной физики (1)

**в) программное обеспечение**

Microsoft Imagine Premium - Сублицензионный договор № 03-015-16 от 21.11.2016 г.

STADIA – Лицензионный паспорт № 1442 от 21.03.2008 г.

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition – Лицензия № 1B08161103014721370444 от 03.11.2016 г. – 27 экз.

Программное обеспечение: геоинформационные системы ГИС «Метео»

Электронный ключ № 105 от 13.02.2008 г.

ScanEx Image Processor – Лицензионный договор № 1968 от 23.12.2014 г. – 10 экз.

ГИС «Океан – 2010» - Договор № 12-ПО/1 от 03.07.2012 г.

**г) профессиональные базы данных, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:**

- База данных наблюдений отдела физики околоземного космического пространства ИСЗФ СО РАН (<http://dep1.iszf.irk.ru/>)
- Архив наблюдений геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (<http://atmos.iszf.irk.ru/>)
- Научная база данных Scopus (<https://www.scopus.com>)
- Научные данные (материалы) издательства Cambridge University Press (<http://www.cambridge.org>)

**д) информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:**

- Информационно-справочная информация в библиотеке ИСЗФ СО РАН <http://irbis.iszf.irk.ru>
- Государственная публичная научно-техническая библиотека России <http://www.gpntb.ru/>
- Журналы Американского физического общества <http://publish.aps.org/>
- Научная электронная библиотека + Российский Индекс Научного Цитирования <https://elibrary.ru>
- Международный каталог и поисковая система по публикациям в области астрофизики [http://adsabs.harvard.edu/abstract\\_service.html](http://adsabs.harvard.edu/abstract_service.html)

**е) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины:**

- Международная система индексирования публикаций Web of Science <http://webofknowledge.com>

- Научные ресурсы зарубежного издательства Elsevier B.V. – Freedom Collection (<https://www.elsevier.com>)

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Освоение дисциплины «Физика верхней и средней атмосферы» предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети ИГУ и находятся в едином домене.

Библиотечный фонд ИГУ, ИСЗФ СО РАН.

### 10. Образовательные технологии:

В рамках лекционных занятий для обеспечения функций наглядности используется соответствующий тематике занятия иллюстрационный материал, переведенный в электронный формат и оформленный в виде презентаций. Для демонстрации данных презентаций студенты могут использовать возможности компьютерного класса с выходом в интернет. Для проведения практических работ используется программа ГИС «Океан» и ГИС «Метео».

### 11. Оценочные средства (ОС):

Оценочные средства текущего контроля – собеседование, контроль выполнения практических работ. Собеседование с каждым студентом по выполненной работе с целью выяснения самостоятельности и качества усвоения материала. Консультации по отдельным вопросам.

Оценочные средства для самоконтроля обучающихся – собеседования, консультации. Проверка выполнения самостоятельной работы осуществляется согласно графику контроля.

#### Программа оценивания контролируемой компетенции:

Тема или раздел дисциплины <sup>1</sup>	Формируемый признак компетенции	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС <sup>2</sup>	
				ТК <sup>3</sup>	ПА <sup>4</sup>
Раздел 1. Строение и динамика атмосферы Земли	ОПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	Знать: современные представления о строении и взаимодействии различных слоев атмосферы, атмосферы и океана, атмосферы и околоземного космического пространства, солнечного излучения и атмосферы Уметь: применить современные представления о строении и взаимодействии различных областей	Знание современных представлений о строении и взаимодействии различных областей атмосферы, атмосферы и океана, атмосферы и околоземного космического пространства, солнечного излучения и атмосферы, их достоинств и недостатков. Умение применить и предложить доработку	Собеседование, контроль выполнения практических работ.	зачет

		<p>атмосферы для качественного анализа геофизических явлений связанных с Солнцем, атмосферой, океаном и околоземным космическим пространством</p> <p>Владеть: базовой терминологией для описания характеристик атмосферы и их динамики.</p>	<p>современных представлений о строении и взаимодействии различных слоев атмосферы для качественного и количественного анализа геофизических явлений связанных с Солнцем, атмосферой, океаном и околоземным космическим пространством.</p> <p>Владение базовой терминологией и современными моделями для описания характеристик атмосферы и их динамики.</p>		
<p>Раздел 2. Радиационные и химические процессы в атмосфере Земли</p>	<p>ОПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4</p>	<p>Знать: достоинства и недостатки современных представлений о радиационных и химических процессах в атмосфере Земли и влиянии на них солнечно-земных связей</p> <p>Уметь: применить современные представления о радиационном и химическом составе атмосферы для качественного и количественного анализа геофизических явлений связанных с Солнцем, атмосферой, океаном и околоземным</p>	<p>Знание современные методы исследования радиационного и химического состава атмосферы и её поведения в различном геофизическом окружении, их достоинств и недостатков.</p> <p>Умение определить метод исследования необходимый для качественного анализа поведения атмосферы при различных факторах и процессах, определяющих радиационный баланс и химический состав атмосферы Земли</p>	<p>Собеседование, контроль выполнения практических работ.</p>	<p>зачет</p>

		космическим пространством Владеть: базовой терминологией и современными моделями для описания радиационных характеристик атмосферы и влияния на них химического состава.	Владение базовыми и профессиональными навыками применения различных методов исследования атмосферы.		
Раздел 3. Атмосферный аэрозоль	ОПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	Знать: современные представления о характеристиках и свойствах атмосферного аэрозоля и влияния на него природных и антропогенных факторов Уметь: применить современные представления о химическом составе атмосферного аэрозоля для решения задач численного моделирования и прогнозирования уровней загрязнения атмосферного воздуха и климатических изменений, связанных с влиянием газовых и аэрозольных частиц атмосферы Земли Владеть: базовой терминологией для описания аэрозольного состава атмосферы и его динамики в условиях воздействия различного рода факторов	Знание современных представлений о составе и динамике атмосферного аэрозоля, его химических и физических свойствах, процессах трансформации примесей в атмосфере для решения научных и практических задач в области численного моделирования атмосферных процессов с учетом антропогенной составляющей.  Умение применить и предложить доработку современных представлений об аэрозольном составе атмосферы и факторах, влияющих на его динамику. Владение базовой терминологией и современными моделями для описания аэрозольных характеристик	Собеседование, контроль выполнения практических работ.	зачет

			атмосферы и их динамики.		
Раздел 4. Атмосферное электричество	ОПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	Знать: современные представления о гипотезах и теориях электрического поля атмосферы Земли, влиянии на его структуру гелиогеофизических факторов, циркуляционных процессов. Уметь: применить современные представления о строении и структуре электрического поля атмосферы, грозовых процессах и факторах их определяющих. Владеть: базовой терминологией для описания для описания электрического поля Земли и мезомасштабной структуры грозовых облаков.	Знание современных представлений о гипотезах и теориях электрического поля атмосферы Земли, влиянии на его структуру гелиогеофизических факторов, циркуляционных процессов. Умение применить и предложить доработку современных представлений о строении и структуре электрического поля атмосферы и грозовых процессах. Владение базовой терминологией и современными моделями для описания электрических характеристик атмосферы и их динамики	Собеседование, контроль выполнения практических работ.	зачет
Раздел 5. Взаимодействие слоев атмосферы, атмосферы и океана	ОПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	Знать: современные представления о физических процессах взаимодействия между различными слоями атмосферы, атмосферы и гидросферы, влияния на них астрономических, геофизических и циркуляционных факторов. Уметь: применить современные представления о взаимодействии между различными слоями атмосферы,	Знание современных представлений о процессах взаимодействия атмосферы и океана, атмосферы и околоземного космического пространства, солнечного излучения и атмосферы, их достоинств и недостатков. Умение применить и предложить доработку современных представлений о	Собеседование, контроль выполнения практических работ.	зачет

		<p>атмосферы и гидросферы, влияния на них астрономических, геофизических и циркуляционных факторов в целях прогнозирования циркуляции атмосферы и климата на разных пространственно-временных масштабах.</p> <p>Владеть: базовой терминологией для описания физических процессов взаимодействия атмосферы и океана</p>	<p>строении и взаимодействия атмосферы и океана для целей долгосрочного и краткосрочного прогнозирования погодных и климатических аномалий в различных регионах земного шара.</p> <p>Владение базовой терминологией и современными моделями для описания процессов взаимодействия атмосферы и океана</p>		
--	--	--	--	--	--

Примечание:

УО – устный опрос (собеседование)

П – практическая работа (решение задач)

### Оценочные средства для оценки текущей успеваемости аспирантов

Характеристика ОС для обеспечения текущего контроля по дисциплине

Раздел/Тема	Индекс и уровень формируемой компетенции или дескриптора	ОС	Содержание задания
Раздел 1. Строение и динамика атмосферы Земли	ОПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	УО, П	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, обсудить решение задач.
Раздел 2. Радиационные и химические процессы в атмосфере Земли	ОПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	УО, П	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, обсудить решение задач.
Раздел 3. Атмосферный аэрозоль	ОПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	УО, П	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, обсудить решение задач.
Раздел 4. Атмосферное	ОПК-1 ПК-2	УО, П	Составить и обсудить на занятии проблемные

электричество	ПК-3 ПК-4		вопросы по изученному разделу, обсудить решение задач.
Раздел 5. Взаимодействие слоев атмосферы, атмосферы и океана	ОПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	УО, П	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному разделу, обсудить решение задач.

### Критерии оценки текущей успеваемости

применяется балльная система:

№ п/п	Вид учебной деятельности	Баллы	Максимум за семестр
1	Ведение конспекта лекции и работа с ним	1	1
2	Обсуждение проблемных вопросов	0-5	5
3	Решение задач	0-5	5
4	Премиальные баллы (посещение, активность, эрудированность, заинтересованность)	0-5	5

Практические занятия являются формой групповой аудиторной учебной работы под руководством преподавателя. Основной целью практических занятий по дисциплине является оценка умений применять теоретические знания аспирантов в процессе решения задач. В начале занятия преподаватель определяет тематику занятия, после чего аспиранты под руководством и при консультировании преподавателя выполняют индивидуальные или групповые задания.

Самостоятельная работа студента (СРС) в течение учебного года контролируется графиком работы по семестрам, предусматривающим:

- формулирование проблемных вопросов;
- подготовка доклада презентацией по выбранной теме;
- самостоятельное освоение отдельных тем дисциплины;
- еженедельные консультации согласно утвержденному графику;

СРС является важной составляющей учебного процесса, целью которой является более глубокое освоение аспирантами основных понятий, законов, методов, используемых в рамках изучаемой дисциплины.

СРС формирует способность аспирантов к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

СРС позволяет:

- сделать учебный процесс более насыщенным, продуктивным и разнообразным;
- способствует повышению интереса к избранной профессии;
- позволяет аспиранту самостоятельно искать решение профессиональных вопросов;
- формирует у аспиранта дифференцированный подход к обучению.

СРС заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к семинарам, практическим работам, подготовке к зачету по дисциплине. Обсуждение доклада происходит в диалоговом режиме между аспирантами, аспирантами и преподавателем, но без его доминирования. Такая интерактивная технология обучения способствует развитию у аспирантов информационной коммуникативности, умений вести дискуссию, отстаивать свою позицию и аргументировать её, анализировать и синтезировать изучаемый материал, акцентировано представлять его аудитории.

## **ВИДЫ И ФОРМЫ СРС**

Структурно самостоятельная работа аспиранта делится на две части:

- 1) организуемая преподавателем и четко описываемая в учебно-методическом комплексе (см. рабочую программу);
- 2) самостоятельная работа, которую аспирант организует по своему усмотрению, без непосредственного контроля со стороны преподавателя.

### **Формы СРС:**

1. Конспектирование.
2. Реферирование литературы.
3. Аннотирование книг, статей.
4. Выполнение заданий поисково-исследовательского характера.
5. Работа с лекционным материалом: проработка конспекта лекций, работа на полях конспекта с терминами, дополнение конспекта материалами из рекомендованной литературы.

### **Виды СРС:**

- познавательная деятельность во время основных аудиторных занятий;
- внеаудиторная самостоятельная работа аспирантов по выполнению домашних заданий учебного и творческого характера (в том числе с электронными ресурсами);
- самостоятельное овладение аспирантами конкретных учебных модулей, предложенных для самостоятельного изучения;
- учебно-исследовательская работа;
- научно-исследовательская работа.

### **СРС с электронными ресурсами:**

В аудиториях для самостоятельных компьютерных занятий с помощью обучающих программ, аспиранты дополняют свои занятия, полученные на лекциях и практических занятиях, а также проверяют свой уровень подготовки и сдают зачет.

### **Формы контроля СРС:**

- выборочная проверка во время аудиторных занятий;
- составление аннотаций на прочитанный материал;
- составление схем, таблиц по прочитанному материалу;
- обзор литературы;
- реферирование литературы;
- подготовка конспекта;
- включение вопросов на контрольных работах, на зачете.

### **Этапы СРС:**

1. Подбор рекомендуемой литературы.
2. Знакомство с вопросами, по которым нужно законспектировать литературу.
3. Составление схем и таблиц на основе изученной литературы.

### **Комплекс средств обучения при СРС:**

- учебно-методический комплекс;
- дидактический материал;
- электронный курс лекций, электронный учебник;
- видеоматериалы, CD, DVD.
- интернет-ресурсы.

## ВИДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СРС

Виды самостоятельной работы	Форма проверки преподавателем
1. Конспектирование	Выборочная проверка в течение семестра (см. график контроля за самостоятельной работой)
2. Подготовка докладов и презентаций	Подготовка докладов с анализом литературных источников и применением современных компьютерных технологий (см. учебно-методические рекомендации по дисциплине)
3. Углубленный анализ научно-методической литературы	Собеседование по проработанной литературе в течение семестра (см. график контроля за самостоятельной работой аспирантов)
4. Дополнение конспекта лекций рекомендованной литературой	Предложение составить свой план в заключение каждой лекции

### Задания для практических занятий

1. Пренебрегая широтной вариацией радиуса Земли, вычислить угол между векторами силы тяжести с учётом и без учёта вращения Земли. Найти максимальную величину этого угла.

2. Игрок в бейсбол на широте 30 градусов бросил мяч в горизонтальном направлении. Мяч пролетел 100 метров за 4 секунды и упал на землю. Каково отклонение мяча от прямой линии за счёт силы Кориолиса?

3. Два мяча диаметром 4 см, разнесённые на 100 м на широте 43 градуса, приобрели импульс на встречу друг другу. С какой скоростью они должны двигаться, чтобы не задеть друг друга?

4. Блок массой 1 кг подвешен на невесомой нити, другой конец нити проходит через отверстие малого диаметра в центре круглой платформы и прикрепляется к лежащему на ней шару массой 10 кг. С какой угловой скоростью шар должен вращаться на платформе, чтобы сбалансировать вес блока, если шар расположен на расстоянии 1 м от центра платформы? Если блок опустить на 10 см, как должна измениться угловая скорость шара?

5. Вычислить толщину слоя с давлением на границах 1000 и 500 гПа и температурой 273 и 250 К соответственно для изотермических условий.

6. Показать, что однородная атмосфера (плотность не зависит от высоты) обладает конечной высотой, которая зависит только от температуры на нижней границе. Вычислить высоту однородной атмосферы с температурой на поверхности земли 273 К и давлением 1000 гПа (использовать закон идеального газа и гидростатическое равновесие).

7. Записать высотный ход температуры однородной атмосферы с температурой на поверхности земли 273 К и давлением 1000 гПа (использовать закон идеального газа и гидростатическое равновесие).

8. Кораблю движется в северном направлении со скоростью 10 км/ч. Давление на поверхности Земли возрастает на северо-запад с градиентом 5 Па/км. Какова изменчивость давления, записанная на береговой станции поблизости от корабля, если давление на борту корабля изменяется на 100 Па за 3 часа?

9. Температура в точке, удалённой на 50 км от станции, на 3 градуса Цельсия холоднее, чем температура на станции. Если ветер дует с северо-востока со скоростью 20 м/с и воздух нагревается излучением со скоростью 1 градус Цельсия в час, какова будет скорость изменения температуры на станции?

10. Доказать равенство  $\vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{r}) = -\Omega^2 \vec{R}$ , где  $\vec{r}$  - вектор положения частицы воздуха на поверхности вращающейся Земли,  $\vec{R}$  - вектор, перпендикулярный оси вращения с модулем, равным расстоянию от оси вращения до частицы воздуха,  $\vec{\Omega}$  - угловая скорость вращения Земли.

11. Ячейка сухого воздуха весом 1 кг поднимается с постоянной вертикальной скоростью. Если частица нагревается излучением со скоростью 0.1 Вт/кг, какова должна быть скорость подъёма, чтобы температура частицы оставалась постоянной?

12. Учёные разработали высотный стратостат, который удерживается при постоянной потенциальной температуре при движении вокруг Земли. Предположим, что этот стратостат находится в низкоширотной стратосфере на изотерме 200 К. Если стратостат сместится вертикально от положения равновесия на небольшую дистанцию  $\delta Z$ , то он будет осциллировать около положения равновесия. Какова частота его осцилляций?

13. Найти пик длины волны падающей солнечной радиации при температуре поверхности Солнца 600 К. Оценить температуру поверхности Земли, если известно, что максимальная длина волны земного излучения находится в области 11400 нм.

14. Параллельный луч света проходит через атмосферный слой толщиной 200 м, содержащий поглощающий газ с плотностью 0.2 кг/м<sup>3</sup>. Пусть падающий луч проходит сквозь слой под углом 30 грд. к нормали. Рассчитать оптическую толщину и поглощающую способность слоя при заданной области длин волн, коэффициент поглощения = 0.1 м<sup>2</sup>/кг.

15. Оценить прозрачность слоя толщиной 500 м, содержащего газ со средней плотностью 0.1 кг/м<sup>3</sup>, в котором параллельный луч монохроматического излучения проходит под углом 60 грд. относительно нормали. Коэффициент поглощения в этой области длин волн равен 0.05 м<sup>2</sup>/кг.

16. Рассчитать горизонтальную фазовую и групповую скорости одномерной акустической волны в сухой изотермической атмосфере с постоянной температурой равной 30 С, какова будет скорость этой акустической волны на уровне тропопаузы, где температура равна -40 С?

17. Показать, что в распространяющейся вверх волне с постоянной кинетической энергией скорость в волне будет меняться с амплитудой как  $\exp[z/2H]$ , где H – высота однородной атмосферы. Если гравитационная волна на высоте 100 км имеет амплитуду 100 м/с, то какова будет её амплитуда на той поверхности, где она образовалась? (средняя температура равна 260 К)

18. Найти период инерционно-гравитационной волны, если в верхней стратосфере горизонтальная длина волны 100 км и вертикальная длина волны 5 км. Сколько времени требуется этой волне, чтобы распространиться вертикально на расстояние 20 км?

19. Найти коэффициенты скорости бимолекулярной реакции  $\text{NO} + \text{O}_3 = \text{NO}_2 + \text{O}_2$  и термомолекулярной реакции  $\text{O} + \text{O}_2 + \text{M} = \text{O}_3 + \text{M}$  при температуре 198 К.

20. Получить аналитическое решение для потери молекулярного кислорода в реакции  $\text{O}_2 + h\nu = \text{O} + \text{O}$ . Если в этой реакции кислород разрушается, но не восстанавливается, то сколько времени потребуется, чтобы его концентрация уменьшилась на 10% от первоначального значения?

21. Определить время жизни  $\text{ClONO}_2$  для спокойных условий и условий вулканического извержения, при реакции в нижней стратосфере на аэрозоле с плотностью площади поверхности 0.14 мм. Реактивный коэффициент поглощения для потери  $\text{ClONO}_2$  на аэрозоле равен 0.05, термическая скорость равна 250 м/с.

### Примерный перечень вопросов на СРС

1. Происхождение атмосферы Земли и эволюция её состава. Влияние солнечного излучения, геологических факторов и органической жизни на атмосферу.
2. Силы в неинерциальной системе отсчёта: центробежное ускорение и центробежная сила, сила тяжести, сила Кориолиса и эффект кривизны, вариации углового момента.
3. Термодинамика сухой атмосферы. Потенциальная температура, статическая устойчивость.
4. Тепловой ветер. Вертикальное движение.
5. Приливы и волны в атмосфере.
6. Ионосферные аномалии. Основные физические процессы в ионосфере. Ионизирующее излучение Солнца.
7. Радиоактивный перенос.
8. Общий баланс озона.
9. Мезосферные облака.
10. Формирование грозных облаков. Глобальная электрическая цепь.
11. Свечение верхней атмосферы. Ионосфера. Солнечные вспышки и геомагнитные бури.

## Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Иркутский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)  
Географический факультет

### БИЛЕТ № 1 (пример)

Дисциплина Физика верхней и средней атмосферы  
Направление подготовки 05.06.01 Науки о Земле

1. *Ионосфера. Солнечные вспышки и геомагнитные бури.*
2. *Вычислить толщину слоя с давлением на границах 1000 и 500 гПа и температурой 273 и 250 К соответственно для изотермических условий.*
3. *Летом при облачной погоде ночью относительно тепло, но если воздух сухой, то температура значительно ниже – почему?*

Профессор \_\_\_\_\_ С.В. Олемской  
(подпись)

и.о. заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ И.В. Латышева  
(подпись)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

### Вопросы для зачета

#### Раздел 1. Строение и динамика атмосферы Земли

1. Происхождение атмосферы Земли и эволюция её состава.
2. Долгосрочный прогноз состояния атмосферы, возможные сценарии динамики строения и состава.
3. Краткосрочный прогноз состояния и динамики атмосферы для обеспечения текущей человеческой деятельности.
4. Фундаментальные силы: градиент давления, гравитация, вязкость.
5. Силы в неинерциальной системе отсчёта: центростремительное ускорение и центробежная сила.
6. Силы в неинерциальной системе отсчёта: эффекты силы тяжести.
7. Силы в неинерциальной системе отсчёта: сила Кориолиса и эффект кривизны.
8. Силы в неинерциальной системе отсчёта: вариации углового момента.
9. Структура статической атмосферы, давление как вертикальная координата.
10. Вывод гидростатического уравнения.
11. Полная производная вектора во вращающейся системе координат. Векторная форма уравнения движения.
12. Переход в сферическую систему координат. Геоострофическое приближение и геоострофический ветер.
13. Приближённые прогностические уравнения, числа Россби. Гидростатическое приближение.
14. Термодинамика сухой атмосферы. Потенциальная температура, статическая устойчивость.
15. Элементарные применения основных уравнений. Уравнение горизонтального движения.
16. Элементарные применения основных уравнений. Уравнение непрерывности.
17. Элементарные применения основных уравнений. Уравнение термодинамической энергии.

18. Сбалансированный поток. Траектории и потоки. Тепловой ветер.
19. Вертикальное движение воздушных масс.
20. Приливы и волны в атмосфере. Акустические волны, мелководные гравитационные волны, волны Россби.
21. Приливы и волны в атмосфере. Атмосферные гравитационные волны. Энергетика вертикально распространяющихся волн.
22. Приливы и волны в атмосфере. Квазидвухлетняя осцилляция.
23. Приливы и волны в атмосфере. Внезапное стратосферное потепление.

## **Раздел 2. Радиационные и химические процессы в атмосфере Земли**

1. Солнечное излучение в атмосфере. Поглощение и рассеяние излучения.
2. Тепловые и фотохимические эффекты излучения в атмосфере.
3. Химия атмосферы. Кислородные составляющие.
4. Химия атмосферы. Углеродные компоненты.
5. Химия атмосферы. Водородные соединения.
6. Химия атмосферы. Азотные составляющие.
7. Химия атмосферы. Соединения хлора.
8. Химия атмосферы. Серные компоненты.
9. Общий баланс озона в атмосфере.
10. Ионы в атмосфере.
11. Баланс химических реакций в газовой фазе.

## **Раздел 3. Атмосферный аэрозоль**

1. Водорастворимые и твёрдые аэрозоли, время жизни аэрозолей.
2. Тропосферные аэрозоли.
3. Стратосферные аэрозоли.
4. Образование облаков, микрофизика облаков.
5. Тропосферная облачность.
6. Стратосферная облачность.
7. Мезосферные облака.
8. Динамика коллоидных соединений в газе.

## **Раздел 4. Атмосферное электричество**

1. Формирование грозовых облаков.
2. Физика электрического разряда в газе.
3. Электрические характеристики атмосферы.
4. Физика молниевых разрядов, виды молний.
5. Высотные молниевые разряды.
6. Глобальная электрическая цепь.

## **Раздел 5. Взаимодействие слоев атмосферы, атмосферы и океана**

1. Крупномасштабная циркуляция океана и атмосферы.
2. Теплообмен между океаном и атмосферой.
3. Термический режим системы океан-атмосфера и его воздействие на климат.
4. Процессы переноса в стратосфере и тропосфере, стратосферно-тропосферный обмен.
5. Влияние стратосферы на тропосферную погоду и климат.
6. Химия ионов верхней атмосферы.
7. Свечение верхней атмосферы.
8. Ионосфера. Солнечные вспышки и геомагнитные бури.

### **Задачи и задания для зачета**

1. Надутый на земле баллон помещён в самолёт, который летит на высоте 18 км. Если кабина не герметична, что произошло с баллоном и почему?
2. Считается, что на ранних стадиях своего формирования Земная атмосфера содержала большое количество водорода. В современной атмосфере нет такого количества этого газа. Куда ушёл водород?
3. Температура тропопаузы в тропиках значительно ниже, чем в средних и высоких широтах, хотя

температура поверхности в тропиках намного выше, чем в средних и высоких широтах. Благодаря какой структурной особенности атмосферного температурного профиля возможно такое распределение?

4. Почему высота тропопаузы различна в различных широтных зонах? Если бы высота тропопаузы была одинакова по всему земному шару, то каковы были бы структурные особенности ветров и распределение температур в нижней атмосфере?

5. В атмосфере Земли максимум концентрации озона находится на высоте около 25 км, почему стратопауза находится на высоте 50, а не 25 км?

6. Каковы источники атмосферных аэрозолей? Как аэрозоли достигают стратосферы? Если предположить, что все аэрозоли покинули атмосферу, то что произойдёт?

7. Представим, что атмосфера позволяет всему земному излучению проходить без поглощения отражения и рассеяния. Объяснить суточную вариацию приповерхностной температуры в этом случае. Что можно сказать о вариации приповерхностного радиационного бюджета?

8. Камеры погодных спутников делают снимки в ИК свете. Каков источник ИК излучения? Почему холодные высотные облака на таких спутниковых фотографиях выглядят яркими, а тёплая земная поверхность – тёмной?

9. Два места расположены на одинаковой широте и высоте над уровнем моря. Над обоими чистое небо и некоторое количество водяного пара в воздухе, но в одном месте земля покрыта снегом, а в другом – травой. Какое место и почему (с учётом только радиационных факторов) будет иметь более холодную дневную температуру.

10. Летом при облачной погоде ночью относительно тепло, но если воздух сухой, то температура значительно ниже – почему?

11. Иногда летом, поскольку солнце нагревает земную поверхность, во второй половине дня появляется много кучевых облаков. После захода Солнца источник нагрева исчезает, но иногда облака дестабилизируют атмосферу и развиваются грозы. Почему это происходит?

12. Спутники оснащены системами охлаждения для регулирования их температуры. Один из методов регулирования состоит в том, чтобы подвешивать к боку космического аппарата пластину. Когда пластина расположена параллельно поверхности аппарата, температура максимальна, когда перпендикулярно – минимальна. Объяснить, по какому принципу устроена эта система охлаждения. Цвет пластины совпадает с цветом поверхности космического аппарата, циркуляции воздуха нет.

13. Почему диффузные газы, распространённые в земной атмосфере, поглощают и излучают радиацию в строго определённых диапазонах частот?

14. Исходя из теории Чепмена, объяснить, что происходит с  $O$  и  $O_3$ , когда солнечная радиация пропадает после заката. Что произойдёт с  $O$  и  $Ox$  в присутствии катализаторов?

15. Что понимается под сечением поглощения молекулы? Объяснить сечения поглощения молекул кислорода и озона.

16. Каково среднее время жизни для свободного атома кислорода и молекулы озона в дневное время в среднеширотной нижней стратосфере? Почему при данном времени жизни свободного кислорода и озона, озон не исчезает полностью в атмосфере?

17. Каково наблюдаемое высотное распределение водяного пара и метана в стратосфере? Объяснить это распределение в свете того, что источник обоих газов находится в тропосфере. Какова роль метана и водяного пара в химии озона?

18. Что такое циркуляция Брюера-Добсона? Объяснить важность этой системы циркуляции для процессов переноса из тропиков в высокие широты.

19. Каковы характеристики воздуха, выносимого из тропической тропосферы в нижнюю стратосферу? Что происходит с большей частью воздуха, вошедшего в нижнюю стратосферу?

20. Какова роль стационарных планетарных волн в передаче тепла, импульса и энергии в тропосфере и стратосфере? Какие изменения происходят, когда эти планетарные волны достигают стратосферы?

21. Объяснить, как радиационные эффекты в стратосфере могут модулировать тропосферную циркуляцию и динамику и таким образом влиять на системы погоды.

22. Экваториальная квазидвухлетняя осцилляция (КДО) считается тропическим стратосферным

явлением, но его сигнал можно видеть везде, от тропосферы до мезосферы, а также от низких до высоких широт.

23. Какие изменения происходят в полярной области в связи с событием внезапного стратосферного потепления? Могут ли эти изменения затрагивать тропическую область? Каким образом?

24. Объяснить, каким образом антропогенные загрязнения могут вызывать истощение стратосферного озона в глобальном масштабе.

25. Объяснить влияние естественных факторов, таких как солнечная активность и вулканические извержения на стратосферно-тропосферное взаимодействие.

#### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется аспиранту, если основной материал усвоен, аспирант приобрел необходимые знания и умения;
- оценка «не зачтено» - если основной материал усвоен недостаточно, аспирант не приобрел необходимых знаний и умений.

#### Оценочные средства, обеспечивающие диагностику сформированности компетенций, заявленных в рабочей программе дисциплины (модуля)

Результат диагностики сформированности компетенций	Показатели	Критерии	Соответствие/ несоответствие	Зачет
ОПК-1	Способен самостоятельно проводить научно-исследовательскую деятельность с использованием современных методов исследования, применяемых в метеорологии	<p>Дал грамотный и развернутый ответ на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса. Выполнены все практические работы.</p> <p>Не ответил или ответил неправильно на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса. Практические работы не выполнены.</p>	<p>Соответствие</p> <p>Несоответствие</p>	зачет
ПК-2	Способен анализировать метеорологические и климатические данные с использованием современных геоинформационных систем и	<p>Дал грамотный и развернутый ответ на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса. Выполнены все практические работы.</p> <p>Не ответил или</p>	<p>Соответствие</p> <p>Несоответствие</p>	зачет

