



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
Географический факультет  
**Кафедра метеорологии и физики околоземного космического пространства**



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Наименование дисциплины (модуля) **Б1.В.04 Физическая метеорология**

Направление подготовки **05.03.04 Гидрометеорология**

Тип образовательной программы **Академический бакалавриат**

Направленность (профиль) подготовки **Метеорология**

Квалификация выпускника **Бакалавр**

Форма обучения **очная, заочная**

Согласовано с УМК  
географического факультета  
Протокол №3 от «17» апреля 2020 г.

Председатель  С.Ж. Воложина

**Рекомендовано кафедрой:**  
метеорологии и физики околоземного  
космического пространства  
Протокол № 5  
от «7» апреля 2020 г.

Зав. кафедрой  Латышева И.В.

Иркутск 2020 г.

## Содержание

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	5
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины	5
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, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов, методические указания по организации самостоятельной работы студентов	10
6.1 План самостоятельной работы студентов	11
6.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	12
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	13
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:	13
а) основная литература	
б) дополнительная литература	
в) программное обеспечение	
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	15
10. Образовательные технологии	15
11. Оценочные средства (ОС)	16

**1. Цели и задачи дисциплины:** формирование у студентов фундаментальных знаний о перманентных и переменных составляющих атмосферного воздуха, о структуре атмосферы и происходящих в ней процессах энерго- и массообмена, о взаимодействии атмосферы с поверхностью суши и водоемов.

**Задачи:**

1. Сформировать чёткие представления о целях, задачах, возможностях и проблемах современной метеорологии, о метеорологических величинах, методах и точности их измерений.
2. Сформировать систему знаний в области физики атмосферы.
3. Развить у студентов навыки анализа условий формирования погоды, эффективного использования метеорологической информации для решения прикладных задач экологии, энергетики, планирования режима работы промышленных предприятий, в области сельского хозяйства, здравоохранения и др.

**2. Место дисциплины в структуре ОПОП:**

Курс «Физическая метеорология» важен для подготовки в университетах гидрометеорологов. Для полного усвоения учебного материала по дисциплине «Физическая метеорология» студентам необходимо иметь прочные знания по физике и математике, метеорологии и климатологии.

Курс входит в вариативную часть учебного плана по программе бакалавриата по направлению подготовки 05.03.04 «Гидрометеорология профиль «метеорология».

Программа курса «Физическая метеорология» содержит положения, необходимые для последующего усвоения студентами дисциплин «Б1.В.05 Динамическая метеорология», «Б1.В.06 Климатология», «Б1.В.08 Аэрологические методы исследований в метеорологии» и др.

**3. Требования к результатам освоения дисциплины:**

Процесс изучения дисциплины «Физическая метеорология» направлен на формирование следующих компетенций:

- владение методами гидрометеорологических измерений, статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением программных средств (ПК-1);
- способностью понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в гидрометеорологии при составлении разделов научно-технических отчётов, пояснительных записок, при подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов и библиографии по тематике проводимых исследований (ПК-2).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** физические свойства атмосферы, ее состав и строение; основы термодинамики атмосферы, тепловой и водный режим атмосферы; законы теплооборота и влагооборота, структуру и основные закономерности теплового баланса подстилающей поверхности, деятельного слоя суши и океана; турбулентность и особенности приповерхностного энергообмена для объяснения структуры и характеристик пограничного слоя атмосферы;

**Уметь:** применять законы термодинамики к атмосферным процессам; определять влияние воды на термодинамические процессы и объяснять процессы, приводящие к образованию капель воды, облаков, осадков и электрических явлений; объяснять методику производства измерений радиации;

**Владеть:** методами первичной обработки данных метеорологических и актинометрических наблюдений; навыками самостоятельной работы со специальной литературой.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

а) очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры	
		3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	110	56	54
В том числе:			
Лекции	46	28	18
Практические занятия	64	28	36
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	65	48	17
В том числе:			
Расчетно-графические работы	20	10	10
Другие виды работ (доклад, эссе, обзор и др.)	45	38	7
КСР	5	4	1
Контроль	36		36
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)		зачет	экзамен
<b>Контактная работа (всего)</b>	115	60	55
Общая трудоемкость	часы	108	108
	зачетные единицы	3	3
		216	6

б) заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курсы	
		3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	24	24	
В том числе:			
Лекции	12	12	
Практические занятия	12	12	
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	181	181	
В том числе:			
Расчетно-графические работы	44	44	
Эссе	22	22	
Другие виды работ (доклад, конспект, обзор и др.)	115	115	
КСР	2	2	

Контроль	9	9	
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	экзамен	экзамен	
<b>Контактная работа (всего)</b>	39	39	
Общая трудоемкость	часы	216	216
	зачетные единицы	6	6

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины

**1. Введение.** Предмет и методы физической метеорологии. Ее связь с другими науками естественного цикла. Основные этапы становления и развития физической метеорологии. Структура и направления современной метеорологии, их практические приложения. Международные кооперации в метеорологических исследованиях. Краткие сведения о методах исследования атмосферы.

**2. Солнечная и земная радиация.** Основные определения, понятия и законы. Солнце как источник энергии. Солнечная активность и влияние ее колебаний на метеорологические процессы различного временного масштаба. Спектр излучения Солнца. Солнечная постоянная и ее вариации. Потоки лучистой энергии в атмосфере. Основные количественные характеристики поля излучения: монохроматический поток лучистой чистой энергии — спектральная плотность потока радиации, полный (интегральный) поток, энергетическая яркость, коэффициенты поглощения, рассеяния, отражения (альbedo) и пропускания; функции поглощения и пропускания.

Основные законы теплового излучения. Законы Кирхгофа, Планка, Стефана – Больцмана, Вина.

Ослабление солнечной радиации в атмосфере. Основные показатели ослабления. Общие принципы процесса ослабления монохроматического потока излучения. Поглощение радиации в атмосфере; спектр и полосы поглощения. Рассеяние радиации в атмосфере; молекулярное рассеяние (теория Рэлея), индикатрисса рассеяния, эффект Форбса; рассеяние на аэрозолях, выводы теории Ми. Прозрачность атмосферы и ее характеристики спектральный и интегральный коэффициенты прозрачности. Фактор мутности.

Коротковолновая радиация. Прямая солнечная радиация, ее спектральный состав, интегральная энергетическая освещенность; ослабление облаками. Рассеянная радиация; зависимость потока радиации от свойств атмосферы и облачности. Суммарная радиация. Методы измерения и расчета прямой, рассеянной и суммарной радиации.

Отраженная радиация. Альbedo естественных поверхностей. Эффективное альbedo. Альbedo облаков. Альbedo Земли как планеты.

Длинноволновое излучение. Излучение земной поверхности. Излучение атмосферы. Эффективное излучение. Влияние облачности на встречное и эффективное излучение. Уравнение переноса длинноволновой радиации в атмосфере.

Радиационный баланс земной поверхности, атмосферы и системы «земная поверхность-атмосфера».

**3. Тепловое состояние атмосферы.** Ламинарное и турбулентное состояние атмосферы. Простейшие характеристики турбулентности. Конвективный, турбулентный потоки; потоки, обусловленные адиабатическими изменениями давления и фазовыми переходами. Уравнение притока тепла. Адвекция тепла и холода.

**4. Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью.** Закономерности распространения тепла в деятельном слое и нижней атмосфере. Уравнение теплопроводности почвы. Уравнение теплового баланса земной поверхности. Температурный режим деятельного

слоя, приземного и пограничного слоев атмосферы. Вечная мерзлота. Заморозки. Теория суточного хода температуры воздуха.

**5. Термический режим тропосферы, стратосферы и мезосферы.** Распределение температуры в тропосфере и нижней стратосфере. Периодические изменения температуры воздуха в тропосфере и стратосфере.

Тепловой режим свободной атмосферы. Стратосферные потепления.

Инверсии температуры в атмосфере.

**6. Водный режим атмосферы.** Физические свойства льда, воды и водяного пара. Условия фазовых переходов воды в атмосфере. Парциальное давление насыщения, его зависимость от температуры. Уравнение Клаузиуса-Клайперона. Влияние кривизны поверхности, растворимых примесей и электрических зарядов на парциальное давление насыщения. Процесс возникновения зародышевых капель в атмосфере. Ядра конденсации. Конденсационный рост капель. Коагуляционный рост капель. Испарение в природе. Пространственно-временное распределение характеристик влажности.

**7. Туманы, облака, осадки.** Процессы возникновения туманов и их классификация. Закономерности распределения туманов во времени и пространстве.

Облака. Морфологическая и генетическая классификация облаков. Образование слоистообразных облаков. Волнистообразные облака. Процессы возникновения кучевообразных облаков. Главные закономерности пространственно-временного распределения облаков. Глобальное поле облачности.

Происхождение атмосферных осадков. Классификация осадков. Процессы укрупнения облачных элементов и образования осадков. Роль твердой фазы в образовании осадков. Распределение количества осадков по Земному шару, годовой ход осадков. Влагооборот. Физические основы воздействия на облака и туманы.

**8. Атмосферное электричество.** Ионизация атмосферы. Ионосфера и ее роль в распространении электромагнитных волн. Электрическое поле атмосферы. Напряженность электрического поля, ее связь с другими элементами атмосферного электричества и метеорологическими величинами. Электрические токи в атмосфере. Гипотезы о происхождении атмосферного электричества. Электрическое поле облаков. Основы теории грозового электричества. Молнии. Тихие разряды. Атмосферики. Способы грозозащиты.

## 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№№ разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин						
		3	4	5				
1.	Динамическая метеорология							
2.	Климатология							
3.	Аэрологические методы исследований в метеорологии							

## 5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

а) для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					Всего
			Лекц.	Практ. зан.	Семина.	Лаб. зан.	СРС	
1.	Введение	1. Предмет и	2					2

		методы физической метеорологии.						
2.	Солнечная и земная радиация	1. Потоки лучистой энергии в атмосфере. 2. Радиационный баланс земной поверхности, атмосферы и системы «земная поверхность-атмосфера».		28			12	40
3.	Тепловое состояние атмосферы	1. Характеристики турбулентности. 2. Конвективный и турбулентный потоки. Уравнение притока тепла	2 6				10	18
4.	Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью.	1. Закономерности распространения тепла в деятельном слое и нижней атмосфере. 2. Уравнение теплового баланса и его составляющие. 3.	4 2	20			6	32
5.	Термический режим тропосферы, стратосферы и мезосферы.	1. Температурный режим деятельного слоя, приземного и пограничного слоев атмосферы. 2. Распределение температуры в тропосфере и нижней стратосфере. 3. Инверсии температуры в атмосфере.	4 4 2				10	20
6.	Водный режим атмосферы	1. Условия фазовых переходов воды в	4	10			10	24

		атмосфере. 2. Парци- альное давле- ние насыще- ния, его зави- симость от температуры и других факто- ров.	4					
7.	Туманы, об- лака, осадки.	1. Процессы возникновения туманов и их классификация 2. Облака 2. Происхож- дение осадков и их классифи- кация.	2  4  6	6			7	25
8.	Атмосферное электричест- во.	Напряженность электрического поля, ее связь с другими эле- ментами атмо- сферного элект- ричества и метеорологи- ческими вели- чинами.					10	10
	Всего часов		46	64			65	175

*б) для заочной формы обучения*

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					Всего
			Лекц.	Практ. зан.	Семина.	Лаб. зан.	СРС	
1.	Введение	1. Предмет и методы физи- ческой метео- рологии.					9	9
2.	Солнечная и земная радиа- ция	1. Потоки лу- чистой энергии в атмосфере. 2. Ослабление солнечной ра- диации в атмо- сфере. 3. Радиацион- ный баланс земной поверх- ности, атмо- сферы и систе- мы «земная по-		8			22	30



		верхность-атмосфера».						
3.	Тепловое состояние атмосферы	1. Характеристики турбулентности. Конвективный и турбулентный потоки. Уравнение притока тепла	2				22	24
4.	Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью.	Закономерности распространения тепла в деятельном слое и нижней атмосфере. Уравнение теплового баланса и его составляющие. Температурный режим деятельного слоя, приземного и пограничного слоев атмосферы.	4				22	26
5.	Термический режим тропосферы, стратосферы и мезосферы.	Распределение температуры в тропосфере и нижней стратосфере. Инверсии температуры в атмосфере.	2				22	24
6.	Водный режим атмосферы	Условия фазовых переходов воды в атмосфере. Парциальное давление насыщения, его зависимость от температуры и других факторов.	2	2			22	24
7.	Туманы, облака, осадки.	Процессы возникновения туманов и их классификация Облака Происхождение	2	2			22	26

		ние осадков и их классификация.						
8.	Атмосферное электричество.	Напряженность электрического поля, ее связь с другими элементами атмосферного электричества и метеорологическими величинами.					40	40
	Всего часов		12	12			181	205

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

а) для очной формы обучения

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Солнечная и земная радиация	Лабораторная работа №1. «Время и его измерения» Лабораторная работа № 2. «Определение высоты солнца в момент актинометрического наблюдения» Лабораторная работа № 3. «Измерение прямой радиации» Лабораторная работа № 4. «Измерение рассеянной и суммарной радиации» Лабораторная работа № 5. «Измерение отраженной радиации» Лабораторная работа № 6. «Измерение радиационного баланса» Лабораторная работа № 7. «Обработка актинометрических измерений» Лабораторная работа № 8. «Построение вспомогательных таблиц шкаловых поправок для гальванометра»	3 4 4 3 3 3 4 4	устный опрос, отчет	ПК-1 ПК-2
2.	Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью.	Практическая работа № 1. «Решение задач: Тепловой режим почвы и водоемов; тепловой режим нижнего слоя атмосферы»	20	расчеты	ПК-1 ПК-2

3.	Водный режим атмосферы	Практическая работа № 3. «Решение задач: Водяной пар в атмосфере. Фазовые переходы воды в атмосфере. Методы расчета испарения с поверхности суши и водоемов»	10	расчеты	ПК-1 ПК-2
4.	Туманы, облака, осадки.	Практическая работа № 4. «Решение задач: Микрофизические характеристики облаков и туманов. Процессы образования тумана. Видимость в тумане»	6	расчеты	ПК-1 ПК-2
	Всего часов		64		

б) для заочной формы обучения

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
2.	Солнечная и земная радиация	Лабораторная работа № 1. «Измерение прямой радиации» Лабораторная работа № 2. «Измерение рассеянной и суммарной радиации» Лабораторная работа № 3. «Измерение отраженной радиации» Лабораторная работа № 4. «Измерение радиационного баланса»	2 2 2 2	устный опрос, отчет	ПК-1 ПК-2
3.	Водный режим атмосферы.	Практическая работа № 1. «Решение задач: Водяной пар в атмосфере. Фазовые переходы воды в атмосфере. Методы расчета испарения с поверхности суши и водоемов»	2	расчёты	ПК-1 ПК-2
4.	Туманы, облака, осадки	Лабораторная работа № 5. «Международная классификация облаков»	2	устный опрос, отчет	ПК-1 ПК-2
	Всего часов		12		

### 6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов очн./заоч
3	Введение	Работа с интернет-ресурсом	Подготовить ответы на вопросы	Основная литература: [1, 3]	0/9
7	Солнечная и земная радиация	Работа с конспектом и разделом учебника	Подготовить ответы на вопросы	Основная литература: [5]	12/22

11	Тепловое состояние атмосферы	Задачи	Решить 12 задач	Дополнительная литература: [3]	10/22
14	Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью.	Устный опрос	Подготовить ответы на вопросы.	Основная литература: [1, 2, 3, 4]	6/22
22	Термический режим тропосферы, стратосферы и мезосферы.	Эссе	Работа с литературой	Основная литература: [1, 2] Дополнительная литература: [1, 3]	10/22
26	Водный режим атмосферы	Задачи	Решить 10 задач	Дополнительная литература: [4]	10/22
29	Туманы, облака, осадки.	Контрольная работа (тест)	Подготовить ответы на вопросы.	Основная литература: [1-2] Дополнительная литература: [4, 9]	7/22
32	Атмосферное электричество.	Доклад	Подготовка к устному докладу	Дополнительная литература: [2, 8]	10/40

## 6.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Раздел: Введение

Используя ресурс <https://public.wmo.int/ru/ресурсы/бюллетень>, проанализировать и составить краткий обзор (письменно), ответив на вопросы:

1. Структура ВМО.
2. Интегрированная глобальная система наблюдений ВМО.
3. Национальные проекты ВМО
4. Региональные проекты ВМО.
5. Основная миссия ВМО.

Раздел: Солнечная и земная радиация

*Вопросы для самопроверки:*

1. Какие газы и в каких участках спектра наиболее сильно поглощают солнечную радиацию? Какова роль озона и водяного пара?
2. Какова роль поглощения в ослаблении солнечной радиации?
3. В чем сущность процесса рассеяния солнечной радиации?
4. Какова роль рассеяния в ослаблении солнечной радиации?
5. Какая доля солнечной радиации доходит до земной поверхности?
6. Какие оптические явления объясняются рассеянием солнечной радиации?
7. Что такое оптическая масса атмосферы, как она зависит от высоты Солнца над горизонтом?
8. В чем заключается физический смысл коэффициента прозрачности и от чего он зависит?
9. Что такое фактор мутности?

Раздел: Тепловое состояние атмосферы

Из учебника «Задачник по общей метеорологии» под редакцией В.Г. Морачевского решить 12 задач. Глава 6. Тепловой режим почвы и водоемов с. 67-80, решить 12 задач (номера задач определяет преподаватель)

*Пример:*

Найти изменение средней температуры двух изолированных проб почвы объемом  $30 \text{ см}^3$  при одинаковом притоке тепла  $50,24 \text{ Дж}$  и при одинаковой теплоотдаче  $41,87 \text{ Дж}$ , если первая проба состоит из слабо увлажненного песка, а вторая из влажного гумуса. Как влияет различие теплоемкостей разных видов почв на нагревание (охлаждение) почвы при одинаковом притоке (отдаче) тепла?

Раздел: Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью

*Вопросы для самоподготовки*

1. Уравнение теплопроводности почвы.
2. Уравнение теплового баланса земной поверхности.
3. Взаимодействие атмосферы с деятельным слоем.
4. Вертикальное распределение температуры почвы.
5. Влияние растительного покрова на тепловой режим почвы.
6. Влияние снежного покрова на тепловой режим почвы.
7. Суточные колебания температуры воды в морях и крупных водоемах.
8. Годовые колебания температуры воды в морях и крупных водоемах.

Раздел: Термический режим тропосферы, стратосферы и мезосферы

Подобрать литературу, и выполнить ее обзор на тему «Внезапные стратосферные потепления». Обзор представить в виде эссе на 5-7 страниц. Выявить проблемы, которые нашли отражение в результатах исследований, показать расхождения в материалах разных исследований (если таковые имеются), сопоставить полученные результаты, выявить недостаточно изученные аспекты проблемы.

Раздел: Водный режим атмосферы

Из учебника «Задачник по общей метеорологии» под редакцией В.Г. Морачевского решить 12 задач. Глава 8. Водяной пар в атмосфере с. 94-97; Глава 9. Фазовые переходы воды в атмосфере с.101-123. Решить 10 задач (номера задач определяет преподаватель)

*Пример:*

Вычислить испарение с поверхности озера за год, если средние годовые значения температуры поверхности водоема  $6,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , воздуха  $6,1 \text{ }^\circ\text{C}$ , парциальное давление водяного пара  $8,5 \text{ гПа}$  и годовая сумма турбулентного потока  $1583 \text{ МДж/м}^2$ .

Раздел: Туманы, облака, осадки

*Вопросы для самоподготовки*

1. Физические условия образования туманов.
2. Классификация туманов.
3. Слоистообразные облака.
4. Волнистообразные облака.
5. Кучевообразные (конвективные) облака.
6. Распределение капель облаков и осадков по размерам.
7. Наземная конденсация и осадки.

Раздел: Атмосферное электричество.

Выступить с докладом на 7-10 минут. Примерные темы:

1. Молния и статическое электричество.
2. Шаровая молния.
3. Механизмы влияния атмосферного электричества на характеристики тропосферы Земли.
4. Конвективные системы, как источник грозовой активности
5. Электрические процессы в облачности слоистых форм.
6. Влияние выбросов ТЭЦ на электрическое состояние атмосферы.

## 7. Инструментальные методы наблюдения гроз.

### 7. Примерная тематика курсовых работ не предусмотрены

### 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

#### а) основная литература

1. Матвеев Л. Т. Физика атмосферы / Л.Т. Матвеев. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 778 с. (15 экз.).
2. Пиловец Г. И. Метеорология и климатология / Г. И. Пиловец. – Минск: Новое Знание, М.: Инфра-М. 2013. – 398 с. (1 экз.).
3. Семенченко Б.А. Физическая метеорология / Б.А. Семенченко. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 416 с. (29 экз.).
4. Хромов С. П. Метеорология и климатология [Электронный ресурс] : учеб. для студ. вузов, обуч. по напр. 51140 "География и картография" и спец. 012500 "География" и 013700 "Картография" / С. П. Хромов, М. А. Петросянц. - 7-е изд. - ЭВК. - М. : Изд-во МГУ : Наука, 2006. - 590 с. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - 6 доступов.

#### б) дополнительная литература

1. Арсеньев С. А. Теория мезомасштабной турбулентности. Вихри атмосферы и океана / С. А. Арсеньев; ред. Г. С. Голицын. - Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика: Ин-т компьютер. исслед., 2010. (1 экз.)
2. Базелян Э. М. Физика молнии и молниезащиты / Э.М. Базелян, Ю.П. Райзер. - М. : Физматлит, 2001. - 319 с. (2 экз.)
3. Блейк Д. Физические основы динамики атмосферы и метеорологии : учеб. пособие / Д. Блейк, Р. Робсон ; пер. с англ. под ред. А. Д. Калашникова. - Долгопрудный : Интеллект, 2016. - 159 с.
4. Дроздов О. А. Засухи и динамика увлажнения / О. А. Дроздов. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 96 с. (1 экз.).
5. Кочугова Е. А. Физическая метеорология: актинометрические наблюдения и их обработка : учеб.-метод. пособие / Е. А. Кочугова ; рец.: Д. Ф. Хуторянская, А. С. Балыбина ; Иркут. гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2018. - 93 с.
6. Рыбакова, Ж. В. Общая физика и некоторые аспекты физической метеорологии. Ч. 2: Молекулярная физика. Термодинамика: учебное пособие / Ж.В. Рыбакова, В.Г. Блинкова; под редакцией О. Васильевой [и др.]. – Томск : ТГУ, 2017. – 196 с. – ISBN 978-5-94621-606-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Сборник задач по общей метеорологии / под ред. В. Г. Морачевского. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 321 с. (2 экз.).
8. Тарасов Л.В. Ветры и грозы в атмосфере Земли : учебное пособие / Л. В. Тарасов. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 277 с.
9. Тлисов М. И. Физические характеристики града и механизм его образования [Текст] : научное издание / М. И. Тлисов ; Фед. служба России по гидрометеорологии и мониторингу окруж. среды; Высокогорн. геофизический ин-т. - СПб. : Гидрометеиздат, 2002. - 386 с.

#### в) программное обеспечение

1. Microsoft Win Starter 7 Russian Academic OPEN License No Level Legalization Get Genuine – Номер лицензии Microsoft 47774597 Котировка № 03-119-10 от 11.11.2010 г.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <http://meteo.ru/data> - Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр Данных
2. [www.panda.org](http://www.panda.org) - Всемирный Фонд Дикой Природы, страница Климатической компании WWF - последние «климатические» события и новости, материалы для прессы.
3. [www.climatenetwork.org](http://www.climatenetwork.org) - CAN - Climate Action Network - объединение неправительственных организаций, занимающихся проблемами изменения климата.
4. [www.ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk](http://www.ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk) - IPCC, центр распространения данных об изменениях климата.
5. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) - IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change - (МГЭИК) Межправительственная Группа Экспертов по Изменению Климата.
6. [www.lib.noaa.gov](http://www.lib.noaa.gov) - Библиотека Агентства США по исследованию атмосферы и океана, широкий спектр материалов и данных об изменениях климата.
7. [www.pacinst.org](http://www.pacinst.org) - сайт с обширной библиотекой материалов о влиянии изменений климата на флору, фауну и экосистемы в целом.
8. [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int) - Секретариат Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК), архив документов и решений органов конвенции.
9. [www.wmo.ch](http://www.wmo.ch) - Всемирная Метеорологическая Организация - широкий спектр материалов и данных об изменениях климата.
10. <http://www.gosic.org/wdcmnet> - Мировой центр данных США (метеорология).
11. <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/overview/index.html> - Данные о Земле
12. <https://www.ecmwf.int/en/research/climate-reanalysis> – Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды ECMWF

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

Компьютерный класс с доступом в Интернет.

Электронный курс «Физическая метеорология» размещен на сайте Образовательного портала Иркутского государственного университета <http://educa.isu.ru>

Для проведения практических занятий по дисциплине используются приборы для проведения актинометрических наблюдений (пиранометр «Пеленг СФ-06»; балансомер «Пеленг СФ-08», актинометр «Пеленг СФ-12» с электронным блоком).

## **10. Образовательные технологии:**

В процессе преподавания дисциплины «Физическая метеорология» в качестве образовательных технологий применяются: информационные технологии, основанные на использовании электронных образовательных ресурсов, лекции сопровождаются мультимедийными презентациями; исследовательские методы в обучении, позволяющие студентам самостоятельно пополнять свои знания, глубоко вникать в изучаемую проблему и предполагать пути ее решения, что важно при формировании профессиональных компетенций; проектные технологии, призванные стимулировать интерес студентов к определенным проблемам, предполагающим владение определенной суммой знаний и через проектную деятельность, предусматривающим решение этих проблем, умение практически применять полученные знания.

При чтении данного курса применяются такие виды лекций, как вводная, обзорная, проблемная, лекция-информация, лекция-визуализация, лекция-консультация.

## **11. Оценочные средства (ОС):**

**11.1. Оценочные средства для входного контроля не используются**

## 11.2. Оценочные средства текущего контроля

### *Демонстрационный вариант теста*

#### *Раздел: Водный режима. Конденсационный и коагуляционный рост капель*

**Уровень конденсации – это ...**

- А) высота, на которой в перемещающемся вверх влажном воздухе водяной пар достигает состояния насыщения.
- Б) уровень, до которого распространяются восходящие вертикальные движения (струи), порождаемые энергией неустойчивости;
- В) уровень, где температура поднимающейся частицы выравнивается с температурой окружающего воздуха.

**С высотой число ядер конденсации**

- А) увеличивается
- Б) уменьшается
- В) остается неизменным

**При какой относительной влажности в атмосфере на аэрозолях образуются капли воды?**

- А) 80%
- Б) 100-110%
- В) 50%
- Г) 600-800%

**Координаты тройной точки:**

- А)  $t = 100^{\circ}\text{C}$ ,  $E = 1013,2$  гПа
- Б)  $t = 0,01^{\circ}\text{C}$ ,  $E = 6,1114$  гПа
- В)  $t = -12^{\circ}\text{C}$ ,  $E = 6,1114$  гПа

**Факторы, влияющие на давление насыщения (лишнее исключить):**

- А) температура
- Б) кривизна испаряющей поверхности
- Г) растворы солей
- Д) электрические заряды
- Е) конвекция

**Составьте пару**

- А) размер молекул пара  $10^{-1}$  см
- Б) размер облачных частиц  $10^{-4}$  см
- В) размер капель осадков  $10^{-8}$  см

**11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации** 3 семестр – зачет, 4 семестр – экзаме-  
н. Оценка качества освоения дисциплины «Физическая метеорология» включает текущий контроль успеваемости студентов (собеседование, подготовка информационных сообщений, выполнение контрольных работ и тестовых заданий, выполнение и защита отчетов по практическим работам, решение задач).

### *Примерный список вопросов к зачету*

Основные вопросы, задаваемые студентам на экзамене, должны носить обобщающий характер, позволить студентам наиболее полно продемонстрировать полученные знания как в общем виде, так и в деталях. Например:

1. Тепловой режим атмосферы. Основные процессы, определяющие теплообмен между воздухом и окружающей средой.
2. Какие виды теплообмена наиболее существенны при анализе взаимодействиястилающей поверхности и атмосферы?
3. Уравнение теплопроводности почвы.
4. Распределение температуры с высотой в приземном слое атмосферы.
5. Суточный и годовой ход температуры воздуха. Факторы, влияющие на амплитуду суточного и годового хода температуры воздуха.
6. Явный и скрытый теплообмен в атмосфере.
7. Инверсии температуры, их типы и происхождение.



8. Перенос тепла в атмосфере.
9. Перенос тепла в деятельном слое водоемов и суши.
10. Параметр шероховатости от чего он зависит?
11. Географическое распределение температуры воздуха у земной поверхности в январе, июле и в году.
12. Уравнение теплового баланса земной поверхности и его составляющие.
13. Особенности теплового режима почв и водоемов.
14. Теория распространения тепла в почве.
15. Влияние снежного и растительного покрова на температуру почвы. Вечная мерзлота
16. Заморозки. Методы борьбы с заморозками.
17. Температурный режим свободной атмосферы.
18. Стратосферные потепления.

*Примерный список вопросов к экзамену*

1. Физические свойства льда, воды и водяного пара.
2. Фазовые переходы воды в атмосфере. Условия фазового равновесия. Термодинамическая диаграмма равновесия фаз.
3. Характеристики влажности воздуха.
4. Суточный и годовой ход парциального давления водяного пара и относительной влажности.
5. Парциальное давление насыщения, его зависимость от температуры. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона.
6. Влияние кривизны поверхности, растворимых примесей и электрических зарядов на парциальное давление насыщения.
7. Испарение. Молекулярно-кинетическая теория испарения с поверхности жидкости.
8. Испарение с ограниченной площади.
9. Испарение с поверхности воды в естественных условиях
10. Суточный и годовой ход испарения.
11. Методы расчета испарения. Испарение и испаряемость.
12. Конденсация водяного пара на земной поверхности и наземных предметах (роса, иней, изморозь, гололед, гололедица).
14. Механизмы охлаждения воздуха, дающие начало конденсации и сублимации.
15. Ядра конденсации и ледяные ядра (ядра замерзания).
16. Туманы, условия образования. Туманы и смоги в городах.
17. Международная классификация облаков.
18. Глобальное поле облачности.
19. Стратосферные и мезосферные облака.
20. Процесс роста и укрупнение облачных капель. Механизмы образования осадков.
21. Виды осадков и их классификация. Вымывающее действия осадков.
22. Баланс влаги на поверхности Земли.
23. Ионизация атмосферы. Ионосфера и ее роль в распространении электромагнитных волн.
24. Электрическое поле атмосферы. Напряженность электрического поля, ее связь с другими элементами атмосферного электричества и метеорологическими величинами.
25. Гипотезы о происхождении атмосферного электричества.
26. Электрическое поле облаков.
27. Основы теории грозового электричества. Молнии. Тихие разряды. Способы грозозащиты.

**Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:**

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Работа с учебниками, лабораторные работы	Солнечная и земная радиация	ПК-1 ПК-2
2	Решение задач	Тепловое состояние атмосферы	ПК-1 ПК-2
3	Устный опрос	Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью.	ПК-1 ПК-2
4	Эссе	Термический режим тропосферы, стратосферы и мезосферы.	ПК-1 ПК-2
5	Решение задач	Водный режим атмосферы	ПК-1 ПК-2
6	Контрольная работа, решение задач	Туманы, облака, осадки.	ПК-1 ПК-2
7	Доклад	Атмосферное электричество.	ПК-1 ПК-2

**Разработчик:**



доцент

Е.А. Кочугова

Программа рассмотрена на заседании кафедры метеорологии и физики околоземного космического пространства

«7» апреля 2020 г.

Протокол № 5 и.о. зав. кафедрой



Латышева И.В.

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**

**Лист согласования, дополнений и изменений  
на 2020/2021 учебный год**

К рабочей программе дисциплины Б1.В.04 Физическая метеорология по направлению подготовки 05.06.04 Гидрометеорология, направленности (профилю) метеорология:

1. В рабочую программу дисциплины в раздел 4 «Объем дисциплины и виды учебной работы» для заочной формы обучения вносятся следующие дополнения: **«На основании приказа Минобрнауки России от 11.11.2020 № 1402 с учетом методических рекомендаций Роспотребнадзора по профилактике новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в образовательных организациях высшего образования МР 3.1/2.1.02.0.5-20 утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 29 июля 2020 г., лекционные и практические занятия, промежуточная аттестация у студентов заочной формы проводятся только с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий».**

*б) для заочной формы обучения*

Вид учебной работы	Всего часов	Курсы	
		3	4
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	24	24	
Из них объем занятий с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий	24	24	
В том числе:			
Лекции	12	12	
Практические занятия	12	12	
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	181	181	
В том числе:			
Расчетно-графические работы	44	44	
Эссе	22	22	
Другие виды работ (доклад, конспект, обзор и др.)	115	115	
КСР	2	2	
Контроль	9	9	
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	экзамен	экзамен	
<b>Контактная работа (всего)</b>	39	39	
Общая трудоемкость	часы	216	
	зачетные единицы	6	6

Изменения одобрены Ученым Советом географического факультета, протокол № 5 от 07 апреля 2020 г.

И. о. зав. кафедрой метеорологии

и физики околоземного космического пространства

*Латышева И.В.* Латышева И.В.