Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа по дисциплине

Б1.В.ДВ.01.01.05 Физические процессы в тропосфере

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

05.03.05 Прикладная гидрометеорология

Направленность (профиль)
«Прикладная метеорология»

Уровень
Бакалавриат

Форма обучения
Заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП
_____Волобуева О.В.

Утверждено
Проректор по учебной работе
_____Н.О. Верещагина

Рекомендована решением
Ученого совета метеорологического факультета
09.06.2025, протокол № 9

Рассмотрена и утверждена на заседании
кафедры метеорологии, климатологии и охраны атмосферы
26.05.2025, протокол № 10
И.о. зав. кафедрой_____Дробжева Я.В.

Авторы-разработчики:
к.г.н. Абанников В.Н.

Санкт-Петербург
2025

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Физические процессы в тропосфере» — сформировать общепрофессиональную компетенцию, а также необходимый объем фундаментальных и прикладных знаний, умений и навыков необходимых для явлений и процессов, происходящих в атмосфере, и влиянии на них различных факторов, таких как потоки радиации в атмосфере, особенности деятельного слоя почвы и увлажнение подстилающей поверхности.

Задачи:

1. Сформировать знание:
   - теоретических основ физико-математического описания динамических и термических процессов в атмосфере;
   - теоретических основы описания тепловых потоков в почве и законов распределения тепла в почве;;
   - теоретических основы описания процесса переноса и притока тепла в атмосфере;
   - теоретических основы описания процессов испарения сземной и водной поверхности;
   - факторов, определяющих составляющие теплового балансса земной и водной поверхности, а также системы Земля-Атмофера
2. Сформировать умение:
   - определять комплекс факторов, приводящих к особенностям их проявления в динамических и термических процессах в атмосфере;
   - применять принципы упрощения и выбора нужной формы уравнений для описания отдельных метеорологических явлений;
   - объяснить физический механизм и определить условия существования и развития различных гидродинамических процессов.
3. Сформировать владение:
   - практическими навыками интегрирования дифференциальных уравнений и решения задач по определению значений физических параметров в конкретных метеорологических явлениях;
   - навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера;
   - знаниями о перспективных направлениях развития и возможностях использования наиболее характерных взаимосвязей между параметрами среды при решении основных и прикладных задач динамики атмосферы.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы, изучается в 6 семестре для освоения профессиональных компетенций.

Изучению предшествуют следующие дисциплины:

«Математика», «Физика», «Физическая метеорология», «Лучистая энергия в атмосфере».

Изучается параллельно в 6 семестре с такими дисциплинами как:

«Физика верхних слоев атмосферы», «Синоптических прогнозов», «Димамическая метеорология», «Авиационная метеорология».

Дисциплина может быть использована при выполнении научно-исследовательской работы, в преддипломной практике, а также при написании выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций: ПК-3.

Таблица 1. Компетенции

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
ПК-3 способен составлять прогнозы состояния атмосферы различной заблаговременности с использованием численных, статистических и спутниковых методов	ПК-3.1 знать методы синоптических, гидродинамических и авиационных прогнозов погоды, принципы мезометеорологии и сверхкраткосрочного прогноза, способы работы с метеорологическими базами данных ПК-3.2 уметь составлять прогнозы погоды различной заблаговременности по утверждённым методикам, использовать спутниковые данные для диагноза и прогноза синоптических процессов, оценивать успешность прогнозов ПК-3.3 владеть методами гидродинамического и статистического моделирования в прогнозировании, навыками интерпретации выходных данных численных моделей, технологиями составления предупреждений об опасных явлениях	Знать: – теоретических основ физико-математического описания динамических и термических процессов в атмосфере. – теоретические основы описания тепловых потоков в почве и законов распределения тепла в почве;. – теоретических основы описания процесса переноса и притока тепла в атмосфере и теоретических основы описания процессов испарения сземной и водной поверхности. Уметь: – определять комплекс факторов, приводящих к особенностям их проявления в динамических и термических процессах в атмосфере – применять принципы упрощения и выбора нужной формы уравнений для описания отдельных метеорологических явлений; – объяснить физический механизм и определить условия существования и развития различных гидродинамических процессов. Владеть: – практическими навыками интегрирования дифференциальных уравнений и решения задач по определению значений физических параметров в конкретных метеорологических явлениях; – навыками использования полученных результатов при анализе физических процессов и явлений, происходящих в системе Земля – атмосфера; – знаниями о перспективных направлениях развития и возможностях использования наиболее характерных взаимосвязей между параметрами среды при решении основных и прикладных задач динамики атмосферы.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет: 3 зачетные единицы, 108 академических часа.

Таблица 2. Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объём дисциплины	Заочная форма обучения	
	Семестр	Итого
	6 семестр	
Зачётные единицы	3	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	10	10
в том числе:		

— лекции	4	4
— занятия семинарского типа	6	6
— практические занятия	6	6
— лабораторные занятия	-	-
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	96,84	96,84
в том числе:	-	-
— курсовая работа	-	-
— контрольная работа	-	-
Контроль:	1,16	1,16
ВСЕГО ЧАСОВ:	108	108
Вид промежуточной аттестации	Зачет	Зачет

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3. Структура дисциплины

№	Раздел / тема дисциплины	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
		Лекции	Практические Практическиез	СРС			
6 семестр							
1	Тема 1. Уравнения теплопроводности почвы. Основные законы распространения тепла в почве.	1	0	14	Выполнение практической работы.	ПК-3	ПК-3.1
2	Тема 2. Температура земной поверхности Особенности распространения тепла в почве и в водоемах.	1	2	14	Выполнение практической работы.	ПК-3	ПК-3.2
3	Тема 3. Конвективный и турбулентный потоки тепла в атмосфере. Уравнение турбулентного притока тепла в атмосфере	1	2	14	Выполнение практической работы.	ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3
4	Тема 4. Уравнение притока тепла в турбулентной атмосфере	1	0	14	Выполнение практической работы.	ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3
	Текущий контроль успеваемости – 1.0						
	Тема 5. Приземный слой	0	0	14	Выполнение практической работы.	ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3
6	Тема 6. Испарение с неограниченной водной поверхности. Испарение с земной поверхности.	1	2	14	Выполнение практической работы.	ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3

№	Раздел / тема дисциплины	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
		Лекции	Практические Практическиез	СРС			
6 семестр							
7	Тема 7. Уравнение теплового баланса земной поверхности	0	0	12,84	Выполнение практической работы.	ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3
	Промежуточная аттестация – 0,16						
	ИТОГО	4	6	96,84			
	Всего часов - 108						

4.3. Содержание разделов дисциплины

Таблица 4. Содержание разделов дисциплины

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание	Компетенция
1	Тема 1. Уравнения теплопроводности почвы. Основные законы распространения тепла в почве.	Теплофизические характеристики почвы, воды и воздуха – определение и размерность. Поток и приток тепла в почву. Вывод уравнения теплопроводности почвы. Основные законы распространения тепла в почве.	ПК-3
2	Тема 2. Температура земной поверхности Особенности распространения тепла в почве и в водоемах.	Температура земной поверхности – суточный и годовой ход. зональность распределения температуры по земному шару. Вертикальное распределение температуры почвы. Суточное изменение вертикального профиля температуры почвы. Поток тепла в почве. Виды вертикального профиля температуры почвы. Особенности распространения тепла в водоемах.	ПК-3
3	Тема 3. Конвективный и турбулентный потоки тепла в атмосфере. Уравнение турбулентного притока тепла в атмосфере	Турбулентный и ламинарный режим движение – определения. Основные характеристики турбулентности и их размерность. Критерии оценки режима движения. Конвективный и турбулентный потоки тепла. Уравнение турбулентного притока тепла в атмосфере.	ПК-3
4	Тема 4. Уравнение притока тепла в турбулентной атмосфере	Вывод уравнения притока тепла в турбулентной атмосфере.	ПК-3
5	Тема 5. Приземный слой	Приземный слой, его высота и его основные свойства. Вертикальный профиль температуры в приземном слое (типичные профили утром, днем, вечером, ночью). Турбулентный поток тепла и методы расчета турбулентного потока тепла. Распределение температуры воздуха у земли по земному шару. Суточный и годовой ход температуры. Изменение температуры воздуха с высотой. Инверсии температуры. Высота и температура тропопаузы.	ПК-3

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание	Компетенция
6	Тема 6. Испарение с неограниченной водной поверхности. Испарение с земной поверхности.	Испарение: определение, размерность. Испарение с неограниченной водной поверхности (море). Испарение с земной поверхности. Число Боуэма. Испарение и испаряемость. Практическое использование испаряемости.	ПК-3
7	Тема 7. Уравнение теплового баланса земной поверхности	Вывод Уравнения теплового баланса земной поверхности. Уравнение теплового баланса верхнего слоя литосферы и гидросферы. Тепловой баланс системы Земля-атмосфера.	ПК-3

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5. Содержание практических занятий для заочной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов самостоятельной подготовки
6 семестр			
1	Практическая работа №1. Законы распространений колебаний температуры в почве	1	14
2	Практическая работа №2. Поток тепла в почве. Вертикальное изменение температуры почвы и водоемов.	1	14
3	Практическая работа №3. Турбулентное перемешивание в приземном слое атмосферы. Расчет коэффициента турбулентности	1	14
4	Практическая работа №4. Изменение температуры воздуха во времени и в пространстве	0	14
5	Практическая работа №5. Турбулентный поток тепла в атмосферу. Вертикальное изменение температуры атмосферы.	1	14
6	Практическая работа №6. Расчет скорости испарения с поверхности водоемов и суши	1	14
7	Практическая работа №7. Расчет параметров уравнения теплового баланса земной поверхности .	1	12,84
	ВСЕГО	6	96,84

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Электронный учебный курс «Физика облаков», «Атмосферное электричество» в системе Moodle [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://moodle.rshu.ru/

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале.

Таблица 6. Учёт успеваемости обучающегося по дисциплине

Учет успеваемости	Количество баллов
− Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр	100
− Максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля:	100
в том числе максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации	20

6.1. Текущий контроль

Задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6.2. Промежуточная аттестация

Перечень вопросов и критерии оценивания ответов на вопросы в билете по темам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: **зачет.**

Форма проведения **зачета**: устный ответ на два вопроса в билете.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 7. Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Текущий контроль:	0-100
в том числе промежуточная аттестация	0-20
Итого:	100

Таблица 7.1. Распределение баллов по текущему контролю успеваемости

№	Вид работ	Min	Max
1.	Обязательная часть		
1.1	Текущий контроль успеваемости по проверке сформированности остаточных знаний	3	6
	Выполнение практических работ	17	34
1.1.1	Практическая работа №1. Законы распространений колебаний температуры в почве	0	0
1.1.2	Практическая работа №2. Поток тепла в почве. Вертикальное изменение температуры почвы и водоемов.	0	0
1.1.3	Практическая работа №3. Турбулентное перемешивание в приземном слое атмосферы. Расчет коэффициента турбулентности	0	0
1.1.4	Практическая работа №4. Изменение температуры воздуха во времени и в пространстве	6	12
1.1.5	Практическая работа №5. Турбулентный поток тепла в атмосферу. Вертикальное изменение температуры атмосферы	6	12
1.1.6	Практическая работа №6. Расчет скорости испарения с поверхности водоемов и суши.	5	10
1.1.7	Практическая работа №7. Расчет параметров уравнения теплового баланса земной поверхности.	0	0
Итого баллов по обязательной части		20	40
2.	Вариативная часть		
2.1	Реферат «Теплоые потоки в почве и в водоемах»	1	5
2.2	Реферат «Испарение с неограниченных и ограниченных водоемов»	10	20
2.3	Слушатель цикла научно-популярных лекций «Метеорологические среды»	1	10
2.4	Участие в олимпиаде (физика, математика, метеорология)	5	10
2.4.1	участие	5	5
2.4.2	призер	10	10
2.5	Публикация в индексируемом журнале (совместно с преподавателем)	10	10
2.6	Акселерационная программа/ проект Росмолодежи	20	40
2.6.1	участие	20	20
2.6.2	грант	40	40
	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	20
Итого баллов по вариативной части		20	60
Итого баллов по дисциплине		40	100

Таблица 7.2. Конвертация баллов в итоговую оценку

Оценка	Баллы
Зачтено (отлично)	40-100
Не зачтено (неудовлетворительно)	0-39

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины «Физика облаков и атмосферное электричество».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2000.
2. Андреев А.О., М.В. Дукальская, Е.Г. Головина. Облака: происхождение, классификация, распознавание. Учебное пособие. С.-Пб. РГГМУ, 2007
3. Толмачева, Н.И. Физическая метеорология. Учебное пособие; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012.– 324 с.
4. Бройдо А. Г. и др. Задачник по общей метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984.
5. Психометрические таблицы. – Л.; Гидрометеоиздат, 1981. с.
6. http://znanium.com/bookread2.php?book=424281

Дополнительная литература

1. Бройдо А. Г. и др. Задачник по общей метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984.
2. Психометрические таблицы. – Л.; Гидрометеоиздат, 1981.
3. Атлас облаков. Под ред. А. Х. Хргиана, Н. И. Новожилова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978.
4. Кирюхин Б. В., Зверев А. С., Кондратьев К. Я., Селезнева Е. С., Тверской П. Н., Юдин М. И. Курс метеорологии (физика атмосферы). Под ред. проф. П. Н. Тверского, Гидрометеоиздат, 1951.
5. Тверской П. Н. Курс метеорологии (физика атмосферы), Гидрометеоиздат, 1963.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. http://elib.rshu.ru/ - Электронно-библиотечная система **ГидроМетеОнлайн** (учебники, учебные пособия, монографии, статьи по гидрометеорологии)
2. http://elibrary.ru/ - Научная электронная библиотека **eLIBRARY.RU**
3. http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library - электронная библиотека РФФИ
4. http://www.springer.com/ - научное издательство **Springer** (материалы по геофизическим, экологическим географическим направлениям научных исследований, по общественным, социальным, гуманитарным наукам и информационным технологиям)
5. Анализ данных температурно-ветрового зондирования http://www.flymeteo.org
6. Анализ критериев неустойчивости атмосферы http://www.weather.uwyo.edu
7. Анализ спутниковых данных http://eumetrain.org/

8.3. Перечень информационных справочных систем

1. ГидроМетеоОнлайн;

8.5. Перечень профессиональных баз данных

Профессиональные базы данных не используются

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа — укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций — укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации — укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Помещение для самостоятельной работы — укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2026/2027 учебный год без изменений.

Протокол заседания кафедры Метеорологии, климатологии и охраны атмосферы от 27 августа 2026 № 1