

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан Геолого-Географического  
факультета

 П.А. Тишин



« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Протокол № 7 от 22 июня 2023

Рабочая программа дисциплины

## **ФИЗИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ**

По направлению подготовки  
**05.03.04 Гидрометеорология**

Профиль подготовки:  
**Метеорология**

Форма обучения  
**Очная**

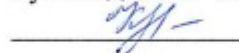
Квалификация  
**Бакалавр**

Год приема  
**2023**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.02

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 И.В. Кузевская

Председатель УМК

 М.А. Каширо

Томск – 2023

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК-1 – способен применять базовые знания в области математических и естественных наук при решении задач профессиональной деятельности;
- ПК-1 – способен применять на практике методы гидрометеорологического и экологического мониторинга, организовывать полевые и камеральные работы;

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- Освоить аппарат комплексного анализа метеорологических величин, их полей и изменений во времени для оценки возможности формирования различных атмосферных явлений в ходе определённых атмосферных процессов;
- Научиться применять методы оценки устойчивости атмосферы для решения практических задач профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.3. – Понимать основные принципы механики, динамики, электродинамики, оптики и применять их при решении задач в практической и профессиональной деятельности.

ИОПК-1.4. – Решать стандартные профессиональные задачи на основе представлений о строении Земли, закономерностях её развития, структуре и взаимосвязи земных оболочек и происходящих в них процессах.

ИПК-1.2. – Иметь навыки участия в организации пунктов мониторинга за окружающей средой, а также навыки самостоятельного планирования и проведения полевых микроклиматических работ с их камеральной обработкой.

ИПК-1.3. – Иметь знания об основных методах наблюдений и приборах, работать с распространённым программным обеспечением; обрабатывать, анализировать и передавать данные наблюдений, оценивать влияние гидрометеорологических факторов на состояние окружающей среды, состояние отраслей экономики, жизнедеятельность человека.

ИПК-3.3. – Иметь навыки анализа состояния атмосферы, направления и характера движения **воздуха** для оценки условий загрязнения атмосферы.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

**Дисциплина относится к вариативной части образовательной программы.**

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 2, экзамен.

Семестр 3, экзамен.

Семестр 4, экзамен.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Физика, Высшая математика, Химия, Метеорология, Астрономия.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 з.е., 360 часов, из которых:

– лекции: 98 ч.;

– лабораторные работы: 46 ч.;

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. Уравнение состояния газа.

Уравнения состояния сухого воздуха, водяного пара и реального влажного воздуха. Виртуальная температура.

Сравнивается уравнение состояния идеального газа, изучаемое в курсе Физики, с уравнениями состояния газов, составляющих земную атмосферу.

Тема 2. Статика атмосферы.

Определяются основные силы, действующие в атмосфере. Выводится основное уравнение статики атмосферы и проводится его анализ. Определяются интегральные формы основного уравнения статики атмосферы и барометрические формулы. Устанавливаются различные модели атмосферы – однородная, изотермическая и политропная атмосферы. Полная барометрическая формула Лапласа и неполная барометрическая формула Бабине в модели реальной атмосферы. Барическая ступень и изменение её с высотой в атмосфере различных моделей.

Тема 3. Законы ослабления солнечной радиации в земной атмосфере.

Закон Бугера. Параметры ослабления радиации – массовый коэффициент ослабления, оптическая масса и оптическая толщина атмосферы, коэффициент прозрачности и фактор мутности. Физический смысл этих параметров. Формула Кастрова В.Г. и параметр ослабления в этой формуле.

Тема 4. Вода в атмосфере.

Движение влаги в атмосфере. Влагооборот в атмосфере. Испарение и испаряемость. Расчёт испарения с поверхности суши и воды. Распределение характеристик влажности в атмосфере над сушей и океаном в разные сезоны года. Распределение характеристик влажности в тропосфере и стратосфере.

Тема 5. Фазовые переходы воды в атмосфере.

Аналитическая и графическая зависимость упругости насыщения от температуры воздуха. Формула Магнуса. Зависимость упругости насыщения от агрегатного состояния испаряющей поверхности. Объяснение различия в значениях упругости насыщения водяного пара над льдом и переохлаждённой водой, следствие этого явления в атмосфере. Влияние кривизны испаряющей поверхности, числа ядер конденсации и их химического состава, наличия электрического заряда на капле на значение упругости насыщения. Зависимость упругости насыщения от концентрации раствора капли.

Условия конденсации водяного пара в чистой атмосфере. Роль ядер конденсации в процессе конденсации. Растворимые и нерастворимые ядра конденсации в атмосфере.

Происхождение ядер конденсации. Размер ядер конденсации. Изменение числа ядер конденсации во времени и пространстве. Коагуляция ядер. Активность ядер.

Переохлаждение и замерзание воды в атмосфере. Гомогенный фазовый переход. Устойчивость зародыша ледяной фазы при гомогенном переходе. Гетерогенный фазовый переход.

Тема 6. Туманы.

Определение тумана и дымки. Интенсивность туманов и дымки. Водность туманов. Механизм образования туманов под влиянием испарения воды. Туманы испарения и условия, благоприятные для их образования. Роль процесса перемешивания масс воздуха с различными термическими и гигрометрическими свойствами в образовании тумана. Условия, благоприятные для образования тумана при участии процесса перемешивания масс воздуха. Механизм образования туманов под влиянием смешения масс воздуха с различными термогигрометрическими свойствами. Роль процесса охлаждения воздуха в образовании туманов. Радиационные, адвективные, адвективно-радиационные туманы и туманы восхождения. Условия, благоприятные для образования этих туманов. Фронтальные туманы.

Агрегатное состояние туманов, относительная влажность и распределение температуры с высотой в туманах. Высота верхней границы различных туманов.

Образование туманов над снежной поверхностью. Благоприятные и неблагоприятные условия образования и сохранения жидко-капельных туманов над снежной поверхностью. Образование кристаллических туманов над снежной поверхностью. Суточный и годовой ход повторяемости туманов.

Тема 7. Облака.

Определение облаков. Сходства и различия между облаками и туманами. Три принципа классификации облаков (генетический, морфологический, по микрофизическому строению).

Кучевообразные облака. Внешний вид кучевообразных облаков и основные процессы, приводящие к их образованию. Вертикальные движения внутри кучевообразных облаков. Струи и термики. Тёплая воздушная оболочка вокруг мощного кучевообразного облака. Изменение высоты нижней границы кучевообразного облака во времени и пространстве. Высота расположения верхней границы наиболее мощных кучевообразных облаков. Процесс вовлечения околооблачных масс воздуха в систему облаков.

Волнистообразные облака.

Волновые движения в атмосфере. Условия образования волнистообразных облаков. Устойчивые и неустойчивые волны. Зависимость устойчивости волны от разности температур и скоростей ветра в двух соседних потоках. Волны препятствий. Характер волновых движений по теории Релея. Ячейки. Открытые и закрытые ячейки. Анализ синоптической обстановки по характеру ячеек на спутниковых снимках облаков. Облачные гряды ячеек. Условия образования облачных гряд.

Слоистообразные облака.

Высота уровня основания облаков, её изменение во времени и пространстве. Водность слоистообразных облаков и изменение её с высотой. Зависимость водности облаков от метеорологических параметров. Изменение температуры воздуха с высотой под влиянием процессов облакообразования. Надоблачная и подоблачная инверсии температуры.

Распределение облачных капель по размерам. Характерные черты кривой повторяемости капель по размерам.

Тема 8. Атмосферные осадки.

Определение атмосферных осадков. Наземные гидрометеоры. Интенсивность осадков. Генетическая и морфологическая классификации осадков. Характеристика каждого класса осадков. Связь процессов образования осадков, интенсивности осадков с

микрофизическим строением облаков и их вертикальной мощностью. Условия, благоприятные для образования осадков большой интенсивности.

Процессы укрупнения облачных элементов и образования осадков. Укрупнение облачных частиц на различных стадиях развития облака. Выпадение осадков. Испарение осадков.

Тема 9. Термодинамика атмосферы.

Уравнение первого начала термодинамики для сухого воздуха. Сравнение уравнений первого начала термодинамики для идеального газа и сухого воздуха.

Адиабатические процессы в сухом воздухе. Уравнение Пуассона. Сухоадиабатический градиент температуры. Приближённое уравнение сухой адиабаты. Политропический процесс.

Методы анализа устойчивости атмосферы (метод частицы и метод слоя). Критерии устойчивости атмосферы по методам частицы и слоя, их сравнение.

Изменения устойчивости атмосферы во времени и пространстве.

Потенциальная температура. Расчёт потенциальной температуры по уравнению Пуассона. Приближённый расчёт потенциальной температуры. Изменение потенциальной температуры с высотой при различных видах стратификации атмосферы.

Адиабатические процессы во влажном насыщенном воздухе. Уравнение первого начала термодинамики для влажного насыщенного воздуха. Влажноадиабатический градиент.

Термодинамические графики, их назначение. Аэрологическая диаграмма. Определение различных характеристик с помощью аэрологической диаграммы. Псевдоадиабатический процесс. Энергия неустойчивости.

Потенциально устойчивая и потенциально неустойчивая стратификации. Влияние влажности на плотность частицы и окружающего её воздуха, на силу плавучести и её ускорение.

Оценка влияния физического состояния атмосферы на полёты воздушных судов.

Тема 10. Турбулентная атмосфера.

Турбулентности и её характеристики (число Рейнольдса, пульсации метеорологических величин, число Ричардсона, путь смешения, коэффициент турбулентного обмена, коэффициент турбулентности). Турбулентный, конвективный и молекулярный потоки.

Потоки и притоки тепла. Приток тепла в турбулентной атмосфере. Уравнение притока тепла в турбулентной атмосфере. Частные виды уравнения притока тепла в турбулентной атмосфере. Уравнение притока влаги в турбулентной атмосфере.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения занятий в формате «круглый стол», тестов по лекционному материалу, деловых игр в формате «критического мышления» методом «зигзаг», выполнения анализа полученных результатов в процессе решения задач и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестре.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Экзамены во втором, третьем и четвертом семестрах проводятся в устно-письменной форме по билетам и по ответам на дополнительные вопросы, а по желанию экзаменуемых – в порядке собеседования без подготовки по всему курсу. В любом случае экзаменуемому после проверки знаний перечисляются разделы, недостаточно подготовленные к настоящему экзамену.

Билеты содержат два теоретических вопроса. При условии решения в семестре предложенных задач и качественного анализа полученных результатов на экзамене экзаменуемому задачи не предлагаются. Условия задач и рекомендации к их решению по разделам, совпадающим с разделами и темами теоретического курса, помещены в электронном курсе Moodle, куда студент должен представить решения и анализ результатов.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle»-<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24280>;  
<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22219>; <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24281>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

– Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. С.-Пб: Гидрометеиздат, 2000. – 778 с.

– Рыбакова Ж.В. Физическая метеорология (отдельные разделы): учеб. пособие. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2013. – 364 с.

– Рыбакова Ж.В. Облака: учеб. пособие. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2014. – 176 с. + 66 вкл.

– Рыбакова Ж.В., Блинкова В.Г. Учебное пособие по решению задач в курсах «Физическая метеорология» и «Общая физика». Томск: Изд. Дом Том. ун-та, 2015. – 286 с.

– Рыбакова Ж.В. Облака и их трансформация. Томск: Изд. Дом Том. ун-та, 2020. – 233 с.

– Рыбакова Ж.В. Основы Физической метеорологии. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2022. – 202 с.

– Семенченко Б.А. Физическая метеорология. М.: «Аспект Пресс», 2002. – 415 с.

б) дополнительная литература:

– Госсард Э., Хук У. Волны в атмосфере. М.: Изд-во «Мир», 1978. – 532 с.

– Роджерс Р.Р. Краткий курс физики облаков. Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 231 с.

– Рыбакова Ж.В., Блинкова В.Г. Общая физика и некоторые аспекты физической метеорологии. Ч. 1. Механика: учеб. пособие. Томск: Изд. Дом Том. ун-та, 2015. – 183 с.

– Рыбакова Ж.В., Блинкова В.Г. Общая физика и некоторые аспекты физической метеорологии. Ч. 2. Молекулярная физика. Термодинамика: учеб. пособие. Томск: Изд. Дом Том. ун-та, 2017. – 195 с.

– Рыбакова Ж.В., Блинкова В.Г. Общая физика и некоторые аспекты физической метеорологии. Ч. 3. Электричество. Магнетизм: учеб. пособие. Томск: Изд. Дом Том. ун-та, 2018. – 227 с.

– Рыбакова Ж.В., Блинкова В.Г. Общая физика и некоторые аспекты физической метеорологии. Ч. 4. Оптика. Некоторые элементы атомной физики: учеб. пособие. Томск: Изд. Дом Том. ун-та, 2020. – 235 с.

– Рыбакова Ж.В. Атмосферные процессы в облачных полях. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2021. – 170 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– открытые онлайн-курсы

– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и занятий в смешанном формате («Актру»).

Учебная метеостанция кафедры метеорологии и климатологии, оснащённая метеорологическими приборами.

Реальный небесный свод с облачностью, туманами, осадками.

Банк снимков облаков, выполненных студентами, выпускниками, аспирантами и сотрудниками Томского государственного университета.

Снимки облаков, представленные в ресурсах интернета.

### **15. Информация о разработчиках**

Рыбакова Жанна Вениаминовна, кандидат географических наук, доцент, доцент каф. метеорологии и климатологии Томского госуниверситета.