

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 №5 от 21.05.2021

Рабочая программа дисциплины

**Динамическая метеорология**

по направлению подготовки

**05.03.04 «Гидрометеорология»**

Профиль подготовки:

**«Метеорология»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2021**

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.08

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

И.В. Кужевская

Председатель УМК

М.А. Каширо

Томск – 2021

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК -1 Способность применять базовые знания в области математических и естественных наук при решении задач профессиональной деятельности

ОПК - 4 Способность понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

ПК -1 Способность применять на практике методы гидрометеорологического и экологического мониторинга, организовывать полевые и камеральные работы

## **2. Задачи освоения дисциплины**

ИОПК – 1.3 Способен применять основные принципы механики, динамики, электродинамики и оптики при решении задач в практической и профессиональной деятельности

ИОПК – 4.4 Способен создавать модели природных и техногенных объектов и процессов с использованием профессионального программного обеспечения

ИПК - 1.1 Способен уверенно применять накопленные знания о климатических и погодных явлениях региона обслуживания; понимает влияние погоды и климата на различные секторы экономики, включая уязвимость деятельности человека от опасных погодных явлений

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина Б1.В.08 относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

## **4. Семестры освоения и формы промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 5, зачет с оценкой.

Семестр 6, экзамен.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины Б1.В.08**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования по дисциплинам: «Метеорология», «Математика», «Физика», «Информатика».

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 з. е. , 288 часа, из которых:

– лекции: 80 ч.;

– лабораторные работы: 60 ч.

в том числе практическая подготовка: 60 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

### **Тема 1. Введение**

Предмет и методы динамической метеорологии. Связь динамической метеорологии с другими учебными дисциплинами. Основные направления исследований в области динамической метеорологии и достижения в ее развитии в России и за рубежом.

### **Тема 2. Основные уравнения гидротермодинамики**

Координаты, используемые в гидродинамике: инерциальные и вращающиеся системы координат. Уравнения движения в инерциальной системе координат в форме Лагранжа и в форме Эйлера. Силы, определяющие ускорение частицы в инерциальной системе координат: сила градиента давления, сила тяжести и сила трения.

Уравнения сохранения массы и баланса атмосферных примесей. Уравнение Навье-Стокса.

Уравнения движения на вращающейся Земле в векторной форме. Сила Кориолиса и центробежная сила. Уравнения движения в локальной декартовой системе координат.

Уравнение состояния. Уравнения притока тепла и влаги.

### **Тема 3. Статика атмосферы**

Вертикальное распределение давления в атмосфере. Барометрические формулы. Основы метода барической топографии.

### **Тема 4. Уравнения гидротермодинамики для турбулентной среды**

Турбулентный характер атмосферных движений и его математическое описание. Некоторые понятия из теории случайных функций. Осреднение уравнений движения, притоков тепла и влаги, баланса примесей. Определение турбулентных напряжений. Проблема замыкания системы уравнений гидротермодинамики. Полуэмпирическая теория турбулентности. Уравнение баланса энергии турбулентности. Общие принципы упрощения уравнений гидротермодинамики. Теории подобия и размерности. Упрощение уравнений гидротермодинамики для крупномасштабных атмосферных движений. Уравнения гидротермодинамики в изобарической системе координат.

### **Тема 5. Термодинамические процессы в сухом воздухе.**

Изменения термодинамического состояния перемещающейся по вертикали массы сухого воздуха. Уровень термической конвекции. Энергия неустойчивости.

### **Тема 6. Термодинамические процессы во влажном воздухе.**

Понятие об энтропии. Второе начало термодинамики и условия устойчивости атмосферы. Изменение характеристик перемещающейся по вертикали массы влажного воздуха.

### **Тема 7. Крупномасштабные движения в свободной атмосфере.**

Уравнения гидротермодинамики в полярной и цилиндрической системах координат. Уравнения движения в поле изобар, близких к окружностям. Движение при чисто круговых изобарах. Градиентный ветер. Движение в свободной атмосфере при прямолинейных изобарах. Геострофический ветер. Изменение барического поля и геострофического ветра с высотой (термический ветер).

Агеострофический ветер. Разложение по малому параметру. Определение вертикальной скорости на основе формул геострофического ветра.

#### **Тема 8. Лучистая энергия**

Основные понятия и законы излучения. Уравнение переноса лучистой энергии. Методы расчета потоков радиации и радиационных притоков тепла в безоблачной атмосфере и при наличии облачности.

#### **Тема 9. Промежуточная аттестация (зачет)**

#### **Тема 10. Пограничные слои в атмосфере**

Гидродинамическое определение пограничных слоев и их толщин. Планетарный пограничный слой (ППС) и внутренний (приземный) подслой, системы уравнений, описывающих их строение и структуру. Вертикальные профили метеорологических величин в приземном слое и ППС. Вертикальная скорость на верхней границе ППС. Особенности строения пограничного слоя над морем. Основы нелинейной теории пограничного слоя.

#### **Тема 11. Поверхности раздела и фронты.**

Кинематические и динамические условия на атмосферных фронтах, скорость фронта. Наклон поверхности раздела двух воздушных масс. Вертикальные движения вблизи поверхности раздела. Фронтотенез и фронтотиз.

#### **Тема 12. Некоторые вопросы мезометеорологии.**

Уравнения гидротермодинамики мезопроцессов. Трансформация воздуха под влиянием подстилающей поверхности. Суточный ход метеорологических величин. Ночное понижение температуры.

#### **Тема 13. Турбулентность в свободной атмосфере.**

Турбулентность вблизи поверхности раздела, в струйных течениях.

#### **Тема 14. Волновые движения в атмосфере.**

Параметры и типы волновых движений. Метод малых возмущений и его применение. Крупномасштабные стационарные и нестационарные волны. Внешние гравитационные и смешанные волны. Внутренние акустические и гравитационные волны. Адаптация полей давления и ветра. Воздействие волн на средний поток.

#### **Тема 15. Энергетика атмосферы.**

Источники и виды энергии. Изменение энергии единичной массы. Баланс энергии замкнутого объема. Баланс энергии атмосферы земного шара и Северного полушария.

#### **Тема 16. Турбулентная диффузия и перенос примесей в атмосфере.**

Постановка задачи о расчете распределения примесей. Статистические методы расчета распределения примесей. Распределение примесей от точечных источников в бесконечном пространстве. Распределение примесей в пограничном слое атмосферы при реальных условиях.

#### **Тема 17. Итоговая аттестация (экзамен)**

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

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения и приема лабораторных работ, тестов по лекционному материалу, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## 10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

**Зачет с оценкой в пятом семестре** проводится по результатам выполнения лабораторных работ, контрольных точек и устного собеседования по двум теоретическим вопросам основных тем семестра. Продолжительность зачета 1,5 часа.

**Экзамен в шестом семестре** проводится в устной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух вопросов. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первый вопрос представляет изложение теории одной из тем курса. Проверяется ИОПК-1.3 и ИОПК- 4.4.

Второй вопрос -понимание и владение методикой расчета одной из модельных характеристик состояния атмосферы. Проверяется ИПК-1.1.

## 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24159>, который содержит:

- а) Лекционный материал
- б) Практикум по лабораторным работам
- в) Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.

## 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

**а) основная литература:**

1. Барашкова Н.К., Кижнер Л.И., Кужевская И.В. Атмосферные процессы: динамика, численный анализ, моделирование. /Учебное пособие/под ред. Г.О. Задде. – Томск: Томский государственный ун-т, 2012. 312 с
2. Белов П.Н. Численные методы прогноза погоды / П.Н.Белов. - Л.: Гидрометеиздат,1975.- 391 с.
3. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы / М.Е.Берлянд.- Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 272 с.
4. Ван-Мигем Ж. Энергетика атмосферы / Ж.Ван-Мигем.- Л.: Гидрометеиздат, 1977.- 327 с.
5. Гилл А. Динамика атмосферы и океана: в 2 т./А.Гилл. - М.: Мир, 1986. Т. 1.- 397 с.; Т.2.- 415 с.
6. Госсард Э.Э. Волны в атмосфере / Э.Э.Госсард, У.Х.Хук.-М.:Мир, 1978.- 532 с.
7. Гутман Л.Н. Введение в теорию мезометеорологических процессов / Л.Н.Гутман. –Л.: Гидрометеиздат,1969.- 295 с.
8. Динамическая метеорология. Учебное пособие / под ред.Д.Л.Лайхтмана. – Л.:Гидрометеиздат, 1976.- 607 с.
9. Калинин Н.А. Динамическая метеорология /Учебник для вузов. Пермский гос.ун-т. Пермь. РГГМУ. СПб. Изд.2-е, испр. 2009. 256 с.
10. Лоренц Э.Н. Природа и теория общей циркуляции атмосферы / Э.Н.Лоренц. - Л.:Гидрометеиздат, 1970.- 289 с.
11. Педлоски Дж. Геофизическая гидродинамика: в 2 т. / Дж.Педлоски. -М.:Мир, 1984. - 811 с.

**б) дополнительная литература:**

1. Атмосферная турбулентность и моделирование распределения примесей / под ред. Ф.Т.М. Ньюистадта, Х. Вандопа.-Л.: Гидрометеиздат, 1985. -351 с.
2. Винниченко Н.И. Турбулентность в свободной атмосфере / Н.И.Винниченко, Н.З.Пинус и др.- Л.:Гидрометеиздат, 1976.- 288 с.
3. Кислотные дожди / под ред. Ю.А. Израэля.-Л.:Гидрометеиздат, 1987. - 206 с. Клёмин В.В. ,Кулешов Ю.В.,Суворов С.С., Волконский Ю.Н. Динамика атмосферы. /Учебник. СПб., Наука. 2013. 421 с.
4. Марчук Г.И. Математическое моделирование общей циркуляции атмосферы и океана / Г.И.Марчук и др. - Л.:Гидрометеиздат, 1984. - 320 с.
5. Модели общей циркуляции атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. - 351с.
6. Шакина Н.П. Динамика атмосферных фронтов и циклонов / Н.П.Шакина.- Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 263 с.
7. Шакина Н.П. Лекции по динамической метеорологии. Москва М.:Триада ЛТД, 2013. 160 с.

**в) литература к лабораторным занятиям:**

1. Барашкова Н.К. Практикум по динамической метеорологии. Учебно-методический электронный образовательный ресурс / Н.К. Барашкова, И.В. Кужевская. Томск, 2007. [ido.tsu.ru/iop\\_res1/dinammeteo/](http://ido.tsu.ru/iop_res1/dinammeteo/)
2. Задачник по динамической метеорологии. Учебное пособие / А.С. Гаврилов и др. Л.:Гидрометеиздат, 1994. - 165 с.
3. Сморкалова А.Г. Практикум по курсу «Динамическая метеорология» / А.Г.. Сморкалова. Томск.: Изд-во ТГУ, 1988.- 123 с.

**г) ресурсы сети Интернет:**

1. Динамическая метеорология Электронный ресурс: учебно-методический комплекс /Барашкова Н. К., Кужевская И. В. ; Том. гос. ун-т, Ин-т дистанционного образования Электронный ресурс <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000244161> публикация Томск : ИДО ТГУ , 2007

2. Старченко А.В., Барашкова Н.К., Беликов Д.А. и др. Информационно-вычислительная система для коллективного исследования проблем атмосферного пограничного слоя с использованием вычислительного кластера / Электронный образовательный ресурс УМК, Томск. 2006. [old.math.tsu.ru/EEResources/IWS/index.htm](http://old.math.tsu.ru/EEResources/IWS/index.htm)

3. Барашкова Н.К., Кижнер Л.И., Волкова М.А. и др. Современные прогностические модели в численных прогнозах погоды. Учебно-методический комплекс. Томск. 2013 <http://uaq.math.tsu.ru/EEResources/mfm/index.html>

**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/>

в) профессиональные базы данных:

- <http://www.meteo.ru/>

- <http://meteoinfo.ru/>

– Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>

– Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) –  
<https://www.fedstat.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 и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

#### **15. Информация о разработчике**

Барашкова Надежда Константиновна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, кафедры метеорологии и климатологии ТГУ, доцент.