

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан географического факультета,  
академик РАН Добролюбов С.А.

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Синоптическая метеорология**

---

**Уровень высшего образования:**  
*бакалавриат*

---

**Направление подготовки (специальность):**  
**05.03.04 «Гидрометеорология»**

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**«Метеорология»**

---

**Форма обучения:**  
**очная**

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
*Методической комиссией географического факультета*  
*МГУ имени М.В. Ломоносова*  
(протокол № 16, дата 12.10.2022)

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Гидрометеорология» (*программа магистратуры, реализуемая последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

ОС МГУ утверждены решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова (приказ по МГУ № 1383 от 30 декабря 2020 года).

Год (годы) приема на обучение 2022

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП - относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения;

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по физической метеорологии, химии атмосферы, динамической метеорологии, климатологии; а также базовых физико-математических дисциплин: физики, гидромеханики, дифференциального исчисления, теории вероятности и математической статистики. Предполагается владение основами программирования и базовое владение компьютером.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
<p><b>СПК-4</b> (формируется частично)</p> <p>Способен использовать метеорологическую информацию в синоптическом анализе при разработке оперативных прогнозов погоды разной заблаговременности и разного целевого предназначения.</p>	<p><b>СПК-4.1</b></p> <p>Использует метеорологическую информацию в синоптическом анализе при разработке оперативных прогнозов погоды разной заблаговременности и разного целевого предназначения.</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные системные концепции научного прогнозирования погоды;</li> <li>• пространственно-временные закономерности формирования полей основных метеорологических величин, а также функционирования и развития основных синоптических объектов: воздушных масс, циклонов, антициклонов и атмосферных фронтов;</li> <li>• принципы синоптического метода анализа погоды</li> <li>• способы получения информации, необходимой для составления краткосрочного прогноза погоды</li> <li>• временные и пространственные границы применения краткосрочного и сверхкраткосрочного прогноза.</li> <li>• гидродинамические модели, используемыми в оперативной практике прогноза погоды в Гидрометцентре РФ и специфику использования их результатов для прогнозов общего и специального назначения</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• составлять анализ текущей погоды и прогноз условий погоды общего и специального назначения для региона ответственности с использованием результатов численных прогнозов погоды, спутниковой информации, информации</li> </ul>

		<p>о текущей погоде, данных радиолокаторов, данных аэрологического зондирования, данных расчетных методов прогноза метеорологических явлений</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• квалифицированно интерпретировать результаты численных прогнозов погоды в терминах условий погоды в конкретном пункте;</li> <li>• прогнозировать возникновение опасных и особо опасных явлений погоды, составлять и распространять соответствующие предупреждения с целью минимизации рисков для здоровья населения, экономики, сельского хозяйства, транспорта, ЖКХ</li> <li>• на основе полученных знаний разрабатывать методы прогноза погоды.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами фронтологического анализа и прогноза погоды;</li> <li>• практическими навыками составления краткосрочных синоптических прогнозов</li> <li>• методами прогноза и анализа текущей погоды с использованием информационной системы ГИС-метео;</li> <li>• расчетными способами, применяемыми при прогнозе ряда метеорологических элементов (максимальная и минимальная температура, осадки, ливни, грозы, шквалы, туманы, низкая облачность, сильные ветры и др.);</li> <li>• гидродинамическими и физико-статистическими методами прогноза погоды</li> <li>• методами оперативного обслуживания потребителей и субъектов народного хозяйства.</li> </ul>
--	--	--

4. Объем дисциплины (модуля) 10 з.е., в том числе 270 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем, 90 академических часа на самостоятельную работу обучающихся.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)				Самостоятельная работа обучающегося			
		<i>Виды контактной работы, часы*</i>				<i>Виды самостоятельной работы, часы</i>			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Работа с литературой	Самостоятельная работа с прогностической информацией и синоптическими картами	Всего
Введение	<b>3</b>	3				<b>3</b>			
Тема 1. История и современное состояние синоптической метеорологии и службы погоды	<b>8</b>	8				<b>8</b>			
Тема 2. Техника синоптического анализа	<b>46</b>	12	26			<b>38</b>		8	<b>8</b>
Тема 3 Синоптический анализ полей метеорологических элементов	<b>47</b>	45				<b>45</b>	2		<b>2</b>
Текущая аттестация 1: коллоквиум	<b>4</b>		2			<b>2</b>	2		<b>2</b>
Тема 4. Воздушные массы	<b>26</b>	22				<b>22</b>	4		<b>4</b>
Тема 5. Тропосферные фронты	<b>40</b>	36				<b>36</b>	4		<b>4</b>
Текущая аттестация 2: коллоквиум	<b>4</b>		2			<b>2</b>	2		<b>2</b>
Тема 6 Циклоническая деятельность	<b>34</b>	30				<b>30</b>	4		<b>4</b>

Текущая аттестация 3: коллоквиум	<b>4</b>		2			<b>2</b>	2		<b>2</b>	
Тема 7. Технология подготовки и выпуска краткосрочных прогнозов погоды.	<b>6</b>	6				<b>6</b>				
Тема 8. Общие приемы составления прогностических карт	<b>6</b>		6			<b>6</b>				
Тема 9. Прогноз условий погоды. Современные оперативные методы прогноза	<b>18</b>		18			<b>18</b>				
Тема 10 Прогноз синоптического положения. Диагноз и прогноз траекторий воздушных частиц	<b>6</b>		6			<b>6</b>				
Текущая аттестация 4: коллоквиум	<b>4</b>		2			<b>2</b>	2		<b>2</b>	
Тема 11. Географическая информационная система МЕТЕО (ГИС МЕТЕО) - система обработки, представления аэросиноптической информации, прогноз погоды с использованием системы ГИС МЕТЕО.	<b>49</b>		40			<b>40</b>		9	<b>9</b>	
Контрольная работа 1.	<b>4</b>		2			<b>2</b>		2	<b>2</b>	
Контрольная работа 2.	<b>4</b>		2			<b>2</b>		2	<b>2</b>	
Промежуточная аттестация	<b>23</b>	<i>Устный экзамен, 7 семестр</i>					<b>23</b>			
Промежуточная аттестация	<b>24</b>	<i>Устный экзамен, 8 семестр</i>					<b>24</b>			
<b>Итого</b>	<b>360</b>	<b>270</b>					<b>90</b>			

## Содержание лекций, семинаров

### Содержание лекций

**Введение.** Предмет и метод синоптической метеорологии. Понятие погоды: периодические и непериодические изменения погоды и их причины. Связь понятий погоды и климата. Синоптическая метеорология и синоптический метод исследования и предсказания погоды. Основные приемы и принципы синоптического анализа. Сущность методов научного прогноза погоды и пути их совершенствования.

**Тема 1. История и современное состояние синоптической метеорологии и службы погоды.** Возникновение синоптического метода и службы погоды. Основные этапы развития синоптической метеорологии и методов краткосрочных прогнозов погоды. Служба погоды в России и ее хозяйственное значение. Международное сотрудничество по вопросам организации и техники службы погоды. Всемирная служба погоды. Характеристика метеорологической информации, требования к первичной метеорологической информации. Системы получения метеорологической информации. Наземная сеть синоптических и аэрологических станций, требования к ней, сроки наблюдений. Сбор и распространение метеорологической информации. Общая характеристика средств синоптического анализа; приземные и высотные карты, вертикальные разрезы, аэрологические диаграммы, данные авиационной разведки погоды, радиолокация и метеорологические спутники.

**Тема 2. Техника синоптического анализа.** Задачи анализа карт погоды. Виды синоптических карт. Типы бланков синоптических карт. Синоптический код КН-01. Первичный анализ карт погоды. Задачи анализа карт погоды.

Обработка приземной карты. Схема приземной наноски. Последовательность операций при обработке приземной карты. Проведение изотенденций. Проведение изобар, барический закон ветра, учет данных о ветре. Выявление центров циклонов и антициклонов, обозначение их траекторий. Выявление осадков, туманов и других характеристик погоды («подъем карты»). Проведение атмосферных фронтов на приземной карте. Основные признаки фронта на приземной карте. Операция согласования.

Техника составления и обработки карт барической топографии. Схема аэрологической наноски. Назначение и обработка карт абсолютной топографии: АТ850, АТ700, АТ500, АТ400, АТ300, АТ200, АТ100. Обработка и анализ карт относительной топографии. Карта  $OT_{1000}^{500}$ . Термобарические карты. Обработка и анализ вспомогательных карт. Карта опасных и особо опасных явлений погоды. Карты минимальных и максимальных температур, осадков. Снежного покрова и состояния почвы. Карта влажности. Карта вертикальных движений. Карта максимальных ветров. Карта тропопаузы.

Построение и обработка аэрологической диаграммы. Операции на аэрологической диаграмме. Дополнительная обработка аэрологической диаграммы.

**Тема 3 Синоптический анализ полей метеорологических элементов.** Определение крупномасштабных движений. Основные уравнения для крупномасштабных движений, квазигеострофическая система уравнений. Барическое поле и ветер: закономерности распределения и факторы, обуславливающие изменения во времени. Поле температуры и влажности, уравнения притока тепла и влаги. Связь температуры и влажности воздуха с полями давления, ветра и вертикальных движений. Поле потенциального вихря. Квазигеострофический потенциальный

вихрь, доказательство его инвариантности. Модель тропосферы с постоянным потенциальным вихрем. Использование полей потенциального вихря в оперативном синоптическом анализе. Поле вертикальных движений воздуха. Классы вертикальных движений и их пространственно-временной масштаб. Поля облачности и осадков. Связь полей облачности и осадков с полями давления, ветра, вертикальных движений, температуры и влажности.

**Тема 4. Воздушные массы.** Макрорасчленение тропосферы на воздушные массы. Условия формирования, размеры и очаги воздушных масс. Консервативные свойства воздушных масс. Термодинамическая классификация воздушных масс. Условия конденсации и погоды в теплых, холодных и местных воздушных массах. Основы географической классификации воздушных масс. Происхождение, вертикальная мощность, влагосодержание, стратификация и условия погоды в арктических, умеренных и тропических воздушных массах. Общие условия трансформации воздушных масс. Трансформация абсолютная и относительная. Основные районы трансформации. Приемы изучения трансформации воздушных масс. Анализ уравнения локального изменения температуры воздуха. Факторы, определяющие трансформацию воздушных масс. Соотношение адвективных и трансформационных изменений температуры воздуха. Влияние орографии на воздушные массы

**Тема 5. Тропосферные фронты.** Общие понятия о тропосферных фронтах. Классификация фронтов. Главные и вторичные фронты. Фронт как поверхность разрыва. Угол наклона фронтальной поверхности. Фронт как бароклиническая система. Условия существования стационарного фронта в барическом поле. Поворот ветра и изменение ветра с высотой при прохождении фронта. Ход метеоэлементов и погода, связанные с прохождением теплого фронта. Условия облакообразования на теплом фронте. Характеристика холодного фронта I рода. Условия погоды и облакообразования. Холодный фронт II рода и вторичный холодный фронт. Характеристика и условия облакообразования на фронтах окклюзии. Загиб окклюзии. Отклонения от типичных схем. Влияние орографии на фронты. Мнимые и маскированные фронты. Фронтотенез и фронтолиз. Индивидуальный и локальный фронтотенез и фронтолиз. Графический анализ условий фронтотенеза. Условия образования и разрушения фронтов. Основные процессы, приводящие к фронтотенезу и фронтолизу. Кинематический фронтотенез и фронтолиз. Условия фронтотенеза и фронтолиза в деформационном поле. Влияние бароклинической зоны на процессы фронтотенеза и фронтолиза. Фронтотенез в бароклинических возмущениях. Влияние циркуляций второго порядка на процессы фронтотенеза. Цикл обратных связей в зоне фронта. Топографический фронтотенез. Влияние орографии на атмосферные фронты. Характеристика высотных фронтальных зон. Планетарные высотные фронтальные зоны. Классификация струйных течений. Фронтальные струйные течения. Субтропическое струйное течение. Стратосферные струйные течения. Струйные течения нижних уровней тропосферы. Механизм формирования струйных течений, связь с планетарными волнами. Свойства струйных течений. Струйные течения и тропопауза. Особенности распределения вертикальных движений и облачности в струйных течениях.

**Тема 6 Циклоническая деятельность.** Определение и терминология. Классификации циклонов и антициклонов. Общие сведения о циклонической деятельности. Географическая локализация основных очагов циклонической деятельности в Северном полушарии. Условия возникновения и развития термических и фронтальных циклонов внетропических широт. Теории фронтального циклогенеза: термическая,

конвективная и волновая теории циклогенеза. Стадии развития циклона по волновой теории. Вихревая теория циклогенеза. Стадии развития фронтальных циклонов по вихревой теории. Структура термобарического поля и погодные условия в различных стадиях развития циклона. Семейство циклонов. Центральный циклон. Регенерация циклонов. Циклогенез и эволюция высотных фронтальных зон и струйных течений. Условия возникновения антициклонов. Стадии развития антициклонов. Структура термобарического поля и погодные условия в каждой стадии развития антициклона. Регенерация антициклонов. Блокирующие антициклоны. Длинные волны в бароклинной зоне умеренных широт и механизм их формирования. Циклоны и антициклоны как бароклинные возмущения умеренных широт. Сценарий бароклинного циклогенеза. Перемещение циклонов и антициклонов. Влияние орографии на возникновение, эволюцию и перемещение циклонов и антициклонов.

**Тема 7. Технология составления краткосрочных прогнозов погоды .** Задачи службы погоды на современном этапе, перспективы дальнейшего развития. Общие сведения о прогностических математических моделях циркуляции атмосферы. Глобальные модели и мезомодели в технологии оперативного прогноза Гидрометцентра РФ. Предсказуемость синоптических процессов и погоды. Классификация прогнозов. Основные требования к методам краткосрочного прогноза. Оценка эффективности прогностических методов. Требования к технологии подготовки численных прогнозов погоды. Основные компоненты технологии численных прогнозов погоды: сбор и контроль первичной информации метеорологических наблюдений, усвоение гидрометеорологических данных, поле «первого приближения», гидродинамический прогноз метеорологических полей, физико-статистическая интерпретация гидродинамических прогнозов и формирование выходной продукции. Постановка задачи гидродинамического и физико-статистического прогноза. Функции специалиста-прогнозиста в технологии подготовки прогнозов общего назначения. Ограничения численных методов. Информационная база для составления оперативных прогнозов погоды. Содержание и форма представления прогнозов общего назначения.

**Тема 8. Общие приемы составления прогностических карт.** Виды прогностических карт. Особенности анализа прогностических карт различной заблаговременности. Анализ прогностических карт геопотенциала, давления на уровне моря, температуры воздуха на АТ850 и осадков. Использование дополнительных прогностических карт: карт влажности, разностей температуры, шквалов, гроз, турбулентности.

### *План проведения семинаров*

**Тема 8. Общие приемы составления прогностических карт.** Виды прогностических карт. Особенности анализа прогностических карт различной заблаговременности. Анализ прогностических карт геопотенциала, давления на уровне моря, температуры воздуха на АТ850 и осадков. Использование дополнительных прогностических карт: карт влажности, разностей температуры, шквалов, гроз, турбулентности.

**Тема 9. Прогноз условий погоды. Современные оперативные методы прогноза.** Прогноз ветра и особых явлений погоды, связанных с ветром: метели, пыльной бури. Прогноз температуры, влажности воздуха и заморозков: прогноз температуры и влажности воздуха в приземном слое и в свободной атмосфере, прогноз максимальной и минимальной температуры воздуха. Прогноз туманов: температуры

туманообразования, радиационных и адвективных туманов, туманов испарения и смещения и антропогенных. Прогноз видимости. Прогноз неконвективной облачности, обложных и морозящих осадков. Прогноз конвективной облачности, ливневых осадков, гроз и града. Модели конвекции и их использование в прогностических целях. Прогноз гололеда, изморози, метеорологических условий обледенения самолетов и морских судов.

**Тема 10. Прогноз синоптического положения. Диагноз и прогноз траекторий воздушных частиц.** Прогноз возникновения, эволюции и перемещения внетропических циклонов и антициклонов. Прогноз перемещения и эволюции струйных течений (СТ). Прогноз максимального ветра и высоты оси струйного течения. Использование данных ИСЗ и прогностических карт геопотенциала, полученных гидродинамическим методом, при прогнозе параметров СТ. Прогноз перемещения и эволюции атмосферных фронтов (АФ). Методы траекторий и ведущего потока. Физико-статистические методы. Использование данных ИСЗ для оценки ожидаемого перемещения и эволюции АФ.

**Тема 11. Географическая информационная система МЕТЕО (ГИС МЕТЕО) - система обработки и представления аэросиноптической информации, прогноз погоды с использованием системы ГИС МЕТЕО.** Программа MapMaker. Базы данных реального времени. Действия со слайдами. Работа с основными компонентами: построение приземных и высотных карт по стандартной схеме наноски, траекторий перемещения частиц, вертикальных разрезов по заданным маршрутам, аэрологических диаграмм. Расчет вертикальных скоростей, прогноза конвекции и гроз. Анализ текущей погоды с использованием системы ГИС-Метео: построение и анализ полей основных метеоэлементов, анализ распределения воздушных масс по картам относительной топографии, анализ данных радиозондов, нанесение и анализ данных радиолокаторов, спутниковых снимков, проведение линий атмосферных фронтов. Составление прогноза условий погоды с использованием системы ГИС-Метео: построение и анализ прогностических полей метеоэлементов с различной заблаговременностью прогноза, проведение атмосферных фронтов на прогностических картах, уточнение и интерпретация результатов в терминах явлений и параметров приземной погоды, оценка возможности возникновения и интенсивности опасных и неблагоприятных явлений погоды, а также резких ее изменений. Составление текста анализа и прогноза синоптической ситуации над Европейской территорией России и прилегающими территориями. Распечатывание карт, диаграмм и разрезов на печатающем устройстве.

## **7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):**

Текущие аттестации: 4 коллоквиума, 1 контрольная работа

### ***Контрольные вопросы коллоквиума 1***

Понятие погоды. Её периодические и непериодические изменения и их причины Синоптический метод в метеорологии

Основные принципы синоптического анализа

Зарождение синоптической метеорологии в работах Брандеса, Довэ и Фицроя.

Основные положения изобарической синоптики. Её недостатки  
Сформулируйте основные положения Бергенской школы.  
Характеристика метеорологической информации, требования к метеорологической информации  
Наземная сеть наблюдений  
Вспомогательные системы метеорологических наблюдений  
Последовательность обработки приземной карты  
Схема приземной синоптической наноски.  
Особенности распределения изотенденций в зоне фронта  
Признаки фронта на приземной карте.  
Система облаков и осадков теплого фронта  
Система облаков и осадков холодного фронта  
Система облаков и осадков на фронте окклюзии  
Операция согласования приземной и аэрологической информации при анализе приземной карты погоды  
Выявление и исправление ошибок на приземной карте.  
Принципы составления карт барической топографии  
Барометрическая формула геопотенциала  
Формула абсолютного геопотенциала  
Формула относительного геопотенциала  
Выявление и исправление ошибок на картах барической топографии  
Принципы составления аэрологической диаграммы.  
Порядок обработки аэрологической диаграммы  
Определение высот изобарических поверхностей на аэрологической диаграмме.

### ***Контрольные вопросы коллоквиума 2***

Представление барического поля на картах. Барический градиент.  
Изменение барического градиента с высотой  
Особенности высотных барических полей  
Изменение давления во времени.  
Анализ уравнения тенденции.  
Уравнение вихря.

Представление температуры воздуха на картах. Температурный градиент.  
Адвективные изменения температуры.  
Изменения температуры воздуха, обусловленные вертикальными движениями.  
Неадиабатически изменения температуры воздуха.  
Изменение во времени высотных барических полей и его связь с термическим режимом.  
Поле ветра на синоптических картах.  
Геострофический ветер.  
Вычисление геострофического ветра по картам барической топографии.  
Градиентный ветер  
Действительный ветер. Соотношение геострофической и агеострофической составляющей.  
Изменение ветра с высотой.  
Соотношение термического ветра.  
Вычисление термического ветра по картам относительной топографии.  
Крупномасштабные вертикальные движения.  
Конвективные вертикальные движения. Турбулентные вертикальные движения.  
Квазигеострофические уравнения движения, баланса и вихря.  
Квазигеострофическое уравнение термодинамики.  
Квазигеострофический потенциальный вихрь, доказательство его инвариантности.  
Доказательство невозможности существования максимальных аномалий давления и вихря в средней тропосфере.  
Циклоническая зона у земли и у тропопаузы и аномалии с ней связанные.  
Антициклоническая зона у земли и у тропопаузы и аномалии с ней связанные.  
Возникновение аномалий потенциального вихря за счет источника тепла.  
Деформация тропопаузы и аномалии потенциального вихря  
Омега-уравнение для вертикальной скорости.  
Возникновение циркуляций второго порядка при взаимодействии зоны бароклинности и циклонической аномалии.  
Интерпретация циркуляций второго порядка в терминах квазигеострофического потенциального вихря.

### ***Контрольные вопросы коллоквиума 3***

Уравнение для наклона фронтальной поверхности  
Условия существования фронта в циркуляционном поле

Изменение ветра на фронте, профиль фронта в приземном слое  
Признаки прохождения теплого фронта через пункт наблюдения  
Система образования облаков и осадков теплого фронта (классическая схема)  
Отклонения от классической схемы облакообразования на теплом фронте.  
Признаки прохождения холодного фронта через пункт наблюдений  
Система облаков и осадков на холодном фронте I рода.  
Система облаков и осадков холодного фронта II рода.  
Фронты окклюзии, признаки их прохождения через точку наблюдения.  
Система облаков и осадков в теплом фронте окклюзии.  
Система облаков и осадков в холодном фронте окклюзии.  
Индивидуальный и локальный фронтогенез.  
Графический анализ фронтогенеза.  
Фронтогенез в деформационных полях.  
Зависимость фронтогенеза от термобарического поля.  
Фронтогенез и фронтолиз в барических системах (циклонах и антициклонах).  
Фронтогенез в бароклинной зоне  
Влияние циркуляций второго порядка на фронтогенез.  
Влияние вертикальных движений на фронтогенез.  
Цикл обратных связей в зоне фронта.  
Струйные течения тропических широт  
Струйные течения умеренных широт  
Стратосферные струйные течения.  
Связь фронтальных струйных течений с циклоном.  
ПВФЗ – механизм формирования и связь с фронтом.  
Планетарная высотная фронтальная зона.

#### ***Контрольные вопросы коллоквиума 4***

Классификация циклонов  
Классификация антициклонов. Блокирующий антициклон.  
Характеристика циклонов

Характеристики антициклонов  
Циклонические серии  
Центральный циклон  
Конвективная теория циклогенеза  
Термическая теория циклогенеза.  
Источники волн в атмосфере, волновая теория циклогенеза  
Вихревая теория циклогенеза  
Структура термобарического поля и стадии развития циклона.  
Условия погоды в различных стадиях развития циклона.  
Регенерация циклонов  
Структура термобарического поля в различных стадиях развития антициклона  
Условия погоды в различных стадиях развития антициклона.  
Регенерация антициклонов  
Перемещение циклонов и антициклонов с круговыми изобарами  
Перемещение циклонов и антициклонов с овальными изобарами  
Перемещение циклонов и антициклонов в зависимости от термического поля и поля ведущего потока  
Механизм формирования длинных волн Россби.  
Связь струйных течений с длинными волнами  
Механизм формирования синоптических волн Россби у тропопаузы.  
Механизм формирования синоптических волн Россби у земли  
Бароклиновая зона и ее связь с циклогенезом  
Сценарий бароклинного роста циклона.  
Сценарий бароклинного угасания циклона.  
Влияние топографии на циклоны и антициклоны

### ***Контрольная работа 1***

Полная обработка синоптических карт 1) 2-х приземных 2) АТ850 3) АТ700 4) ОТ<sup>500</sup><sub>1000</sub>

## **Контрольная работа 2**

Самостоятельное составление анализа текущей погоды и прогноза на 24 и 48 часов.

Обработка синоптических карт.

Полная обработка карт: 3 приземных, 2 карты АТ850, 1 карта АТ700, 2 карты ОТ<sup>500</sup><sub>1000</sub>, 1 карта АТ500, 1 карта АТ300, 1 карта АТ200, 1 карта АТ100, карта максимальных ветров, карта тропопаузы, карта вертикальных движений

### **Образец самостоятельной работы по обработке аэрологической диаграммы**

№	P	T	Td
1	1020	14.6	12.0
2	1000	15.0	13.0
3	910	18.5	16.0
4	850	16.8	14.3
5	700	10.8	5.4
6	500	-11.8	-19.6
7	300	-27.3	-36.9
8	200	-36.8	-47.1
9	183	-33.9	-42.8
10	154	-34.4	-43.2
11	100	-40.1	-53.4

1. Построить кривую стратификации и кривую точки росы
2. Определить уровень конденсации
3. Построить кривую состояния
4. Определить уровень конвекции
5. Выделить области положительной и отрицательной энергии неустойчивости
6. Определить удельную влажность и удельную влажность при насыщении в точках 1 и 5.
7. Определить относительную влажность A) расчетным способом в точках 3 и 9

- Б) графическим способом в точках 7 и 4
- В) по номограмме в точке 6
- 8. Определить точку росы при  $T=14.8$ ,  $f=56\%$ ,  $P=500$  гПа расчетным способом  
При  $T=10.2$ ,  $f=87\%$ ,  $P=700$  гПа графическим способом
- 9. Определить виртуальную температуру в точке 2
- 10. Определить  $N_{300}$
- 11. Определить потенциальную и псевдопотенциальную температуру, а также температуру смоченного термометра в точках 1 и 10
- 12. Выделить слой инверсии
- 13. Выделить тропопаузу

### Примерный перечень вопросов к экзамену

#### *7 семестр, экзамен устный*

1. Понятие погоды, периодические и непериодические изменения погоды и их причины.
2. Синоптический метод в метеорологии. Основные принципы синоптического анализа, пути совершенствования методов краткосрочного прогноза погоды.
3. Возникновение синоптического метода и службы погоды, основные этапы развития синоптического метода.
4. Основные положения Бергенской синоптической школы, развитие синоптической метеорологии в России.
5. Характеристика метеорологической информации. Требования к первичной метеорологической информации. Системы получения метеоинформации.
6. Наземная сеть метеорологических и аэрологических станций. Требования к ней. Вспомогательные системы получения метеоинформации.
7. Принципы составления и обработки приземных карт погоды.
8. Фронтальный анализ приземной карты.
9. Выявление и исправление ошибок на приземных и высотных картах.
10. Принципы составления и обработки карт барической топографии, барометрическая формула геопотенциала, формулы для вычисления абсолютных и относительных высот изобарических поверхностей.
11. Принципы составления и обработки вспомогательных карт.
12. Аэрологическая диаграмма. Ее обработка и анализ.
13. Анализ барического поля. Изменения барического поля с высотой. Особенности высотных барических полей.
14. Изменение давления во времени. Изменение высотных барических полей. Уравнение тенденции и его анализ.
15. Вихрь скорости. Уравнение вихря скорости, его анализ, связь изменения вихря и изменения давления.
16. Поле температуры. Изменения температурного поля.
17. Крупномасштабные движения, геострофическое приближение. Геострофический ветер.

18. Градиентный ветер. Действительный ветер и изменение ветра с высотой в пограничном слое.
19. Изменение ветра с высотой в свободной атмосфере. Термический ветер.
20. Уравнения для крупномасштабных движений. Крупномасштабный потенциальный вихрь.
21. Квазигеострофический потенциальный вихрь. Понятие обратимости потенциального вихря. Модель тропосферы с однородным потенциальным вихрем.
22. Аномалии потенциального вихря. Деформация тропопаузы и аномалии потенциального вихря.
23. Поле вертикальных движений. Вертикальные движения вблизи фронтальной поверхности, конвективные и турбулентные вертикальные движения.
24. Крупномасштабные вертикальные движения, их порядок. Оценка  $k/m$  ? вертикальных движений по синоптическим картам.
25. Квазигеострофическое диагностическое уравнение для вертикальной скорости.
26. Вторичные циркуляции в зоне бароклинности.
27. Интерпретация вторичных циркуляций в терминах потенциального вихря.
28. Воздушные массы: определение, размеры, условия формирования.
29. Термодинамическая и географическая классификация воздушных масс.
30. Теплая воздушная масса, устойчивая и неустойчивая.
31. Холодная воздушная масса, устойчивая и неустойчивая. Местные воздушные массы.
32. Арктический воздух: происхождение, условия циркуляции, вертикальная мощность, влагосодержание, стратификация, условия погоды.
33. Умеренный воздух: происхождение, условия циркуляции, вертикальная мощность, влагосодержание, стратификация, условия погоды.
34. Тропический воздух: происхождение, условия циркуляции, вертикальная мощность, влагосодержание, стратификация, условия погоды.
35. Общие условия трансформации воздушных масс, относительная и абсолютная трансформация, период трансформации.
36. Основные приемы изучения трансформации. Анализ уравнения притока тепла. Факторы, определяющие трансформацию.
37. Соотношение адвективных и трансформационных изменений температуры воздуха. Факторы, влияющие на адвективные и трансформационные изменения.
38. Влияние орографии на воздушные массы.

### ***8 семестр, экзамен устный***

1. Общие понятия о тропосферных фронтах. Классификации фронтов.
2. Фронт как поверхность разрыва. Угол наклона стационарной поверхности разрыва.
3. Фронт как бароклинная система. Условия существования стационарного фронта в барическом поле. Поворот ветра и изменение ветра с высотой при прохождении фронта
4. Теплый фронт. особенности распределения метеоэлементов в системе теплого фронта. Условия облакообразования на теплом фронте.
5. Отклонения от классической схемы эволюции теплого фронта. Ход метеоэлементов при прохождении теплого фронта.
6. Характеристика холодного фронта 1 рода. Условия погоды и облакообразования.

7. Холодный фронт П рода и вторичный холодный фронт.
8. Характеристика и условия облакообразования на фронтах окклюзии. Загиб окклюзии.
9. Мнимые и маскированные фронты. Влияние орографии на фронты. Топографический фронтогенез
10. Фронтогенез и фронтолиз. Локальный и индивидуальный фронтогенез. Графический анализ условий фронтогенеза.
11. Условия образования и разрушения фронтов. Факторы фронтогенеза и фронтолиза.
12. Условия фронтогенеза и фронтолиза в деформационном поле, влияние бароклинной зоны. Фронтогенез в бароклинных возмущениях.
13. Влияние вторичных циркуляций на процессы фронтогенеза. Цикл обратных связей в зоне фронта.
14. Характеристика высотных фронтальных зон. Планетарные высотные фронтальные зоны
15. Классификация струйных течений (СТ). Фронтальные и безфронтальные струйные течения. Субтропическое струйное течение. Стратосферные струйные течения. Струйные течения нижних уровней атмосферы.
16. Механизм формирования СТ, связь с планетарными волнами. Свойства струйных течений. Струйные течения и тропопауза. Особенности распределения вертикальных движений и облачности в струйных течениях.
17. Циклоническая деятельность. Классификации циклонов и антициклонов.
18. Краткая характеристика циклонов и антициклонов.
19. Теории циклогенеза. Термическая, конвективная и волновая теории циклогенеза. Стадии развития циклона по волновой теории
20. Вихревая теория циклогенеза.
21. Стадии развития циклона по вихревой теории. Структура термобарического поля и погодные условия в различных стадиях развития циклона.
22. Условия возникновения циклонов и регенерация циклонов
23. Стадии развития антициклонов. Структура термобарического поля и погодные условия в каждой стадии развития антициклона. Регенерация антициклонов.
24. Длинные волны в бароклинной зоне умеренных широт и механизм их формирования.
25. Бароклинные возмущения, механизм бароклинного развития. Сценарий бароклинного циклогенеза.
26. Общие сведения о циклонической деятельности. Семейство циклонов. Центральный циклон и блокирующий антициклон.
27. Перемещение циклонов и антициклонов.
28. Требования к технологии подготовки численных прогнозов погоды. Основные компоненты технологии численных прогнозов погоды.
29. Функции специалиста-прогнозиста в технологии подготовки прогнозов общего назначения - стандартные и рекомендованные процедуры

### **Шкала и критерии оценивания**

**Промежуточная аттестация** по итогам освоения дисциплины – *экзамен* (в устной форме).

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устный опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

## 8. Ресурсное обеспечение:

- *Перечень основной и дополнительной учебной литературы.*

### *Основная литература*

1. Гущина Д.Ю. Синоптическая метеорология. Атмосферные фронты. Географический факультет МГУ, 2013. Наличие 2/50.
2. Гущина Д.Ю. Синоптическая метеорология. Анализ метеорологических полей. Географический факультет МГУ, 2014. Наличие 3/50.
3. Зверев А.С. Синоптическая метеорология, Учеб. Пособие 3-е изд. Л.: Гидрометеиздат, 1977. Наличие 0/4.
4. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1991. Наличие 3/2.
5. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Гидрометеиздат, 1986. Наличие 0/20

### *Дополнительная литература*

1. Наставление по службе прогнозов. Раздел 2. Части I и II. Л.: Гидрометеиздат, 1974. Наличие - электр.

2. Пальмен Э., Ньютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 615 с. Наличие 3/3.
3. Predictability of Weather and Climate. ed. T. Palmer and R. Hagedor. Cambridge University Press, 2006, 734 pp. Наличие – электр.

- **Перечень лицензионного программного обеспечения**

Географическая информационная система МЕТЕО (ГИС МЕТЕО) - система обработки и представления текущей и прогностической аэросиноптической информации.

- **Перечень нелицензионного программного обеспечения**

текстовый редактор (MSWord, OpenOfficeWriter или аналоги);  
редактор таблиц и диаграмм (MS Excel, OpenOfficeCalc или аналоги);  
редактор презентаций (MS PowerPoint, OpenOffice Impress или аналоги);  
интернет-браузер (MS Edge, GoogleChrome или аналоги).

- **Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

Прямой доступ к оперативной базе данных прогноза погоды Гидрометцентра РФ

Доступ к результатам прогнозов 14 ведущих мировых центров прогноза погоды

Сайт Гидрометцентра Российской Федерации <http://www.meteoinfo.ru>

Данные комплексного прогноза Методического кабинета Гидрометцентра РФ (<http://u2019.meteoinfo.ru/services/>)

Сайт европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (<https://apps.ecmwf.int/>)

[Архив карт погоды ECMWF по Европе 1996-1999 \(приземное давление, 500 гПа, 850 гПа\)](#)

[Гидрометеорологические данные по России \(Ascii, по станциям\)](#)

[Данные вертикального зондирования атмосферы \(архив ун-та штата Wyoming\)](#)

Данные вертикального зондирования (<https://flymeteo.org/sounding/>)

[Данные радиозондов по Европе \(InfoNet\)](#)

Изменения климата в России (ГМЦ РФ и ИГКЭ) <http://climate.mecom.ru/>

[Карты погоды, Европа, AVN \(приземное давление, на 500 гПа - геопотенциал и температура\) – текущие и архив – Германия, Topkarten](#)

[Климатические данные по городам земного шара](#)

[Климатические данные NOAA \(daily - global, regional, gif, Ascii, и др.\)](#)

[Климатические данные по России и дальше \(температура\)](#)

[Климат океанов и прибрежных зон \(по данным ICES\)](#)

[Международный центр распространения данных \(DDC-IPPC\)](#)

[Метеоданные \(архив ф-та метеорологии Флоридского ун-та\)](#)

[Метеорологическая мачта в Обнинске](#)

Статистическая структура глобальной атмосферы по данным радиозондирования <http://www.meteo.ru/rihmi/oa/issl.htm>

- ***Описание материально-технической базы***

Для проведения занятий в аудитории необходим компьютер с проектором с доступом в Интернет

Для семинаров необходим компьютерный класс с числом компьютеров, соответствующих числу обучающихся с доступом в Интернет.

На компьютеры должно быть установлено

Программа визуализации системы ГИС МЕТЕО “Map Maker”, установленная на сервере

Автоматизированное рабочее место оперативного синоптика

Программное обеспечение, при помощи которого студентам будут продемонстрированы возможности работы с базами данных. (MS Excel, MATLAB, Python3).

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Гущина Д.Ю.

Преподаватель – Гущина Д.Ю.

11. Разработчики программы: Гущина Дарья Юрьевна, д.г.н., профессор кафедры метеорологии и климатологии