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

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ПОЛЯРНОЙ СТРАТОСФЕРЫ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы магистратуры по направлению подготовки

05.04.05«Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):
Прикладная метеорология

Уровень:
Магистратура

Форма обучения
Очная/заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Прикладная метеорология»
_____С.П.Смышляев.

Утверждаю
Председатель УМС_____И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
_19__ __мая_____2021 г., протокол №__8__

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
_4__ __мая_____2021 г., протокол №_9__
Зав. кафедрой _____Анискина О.Г.
Авторы-разработчики:
_____Ермакова Т.С.

Санкт-Петербург 2021

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – познакомить обучающихся с современными знаниями о термодинамических режимах стратосферы;научить обучающихся оценивать процессы, происходящие в полярной стратосфере, которые влияют на изменение погоды и климата.

Задачи:

- освоение средств и методов получения информации для распознавания текущего состояния стратосферы в высоких широтах;
- обучение методикам определения климатических изменений термодинамического режима в стратосфере;
- формирование понимания специфических проблем, вызванных изменением климата, Арктики и Антарктиды.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Термодинамические режимы полярной стратосферы» для направления подготовки 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология, профиль – Прикладная метеорология относится к части ОПОП, в которую входят дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.3, читается на 3 семестре для очной формы обучения и на 3 году для заочной формы обучения.

Для освоения данной дисциплины обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Дальние связи в тропосфере с учетом тропосферно-стратосферного взаимодействия», «Климатическая обработка метеорологической информации», «Нелинейные процессы и взаимодействия в атмосфере Земли».

Успешное освоение данной дисциплины послужит основой для освоения следующих дисциплины «Текущее прогнозирование в метеорологии»

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:
ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3

Таблица 1.

Профессиональные компетенции

Код и наименование профессиональной компетенции	**Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции**	**Результаты обучения**
ПК-3Способен анализировать комплекс физических процессов, приводящих к возникновению разномасштабных явлений в атмосфере, в том числе с целью их прогнозирования	*ПК-3.1 Анализирует дальние связи для исследования динамики климатической системы с применением современных методов.*	*Знать:* – принципиальные отличия климата и погоды в низких и высоких широтах, и факторы, приводящие к изменению климата и воздействию на погоду внетропических регионов. *Уметь:* – выделять основные процессы, оказывающие воздействие на погоду и

		климат *Владеть:* – навыками работы с метеорологическими базами данных
ПК-3Способен анализировать комплекс физических процессов, приводящих к возникновению разномасштабных явлений в атмосфере, в том числе с целью их прогнозирования	*ПК-3.2 Прогнозирует разномасштабные явления в атмосфере.*	*Знать:* – масштаб явлений, наблюдаемых в полярной стратосфере. *Уметь:* – оценивать возможное воздействие процессов в полярной стратосфере на приземный климат и погоду. *Владеть:* – навыками прогноза термодинамического режима полярной стратосферы во временном масштабе одного сезона.
ПК-3Способен анализировать комплекс физических процессов, приводящих к возникновению разномасштабных явлений в атмосфере, в том числе с целью их прогнозирования	*ПК-3.3Разрабатывает и корректирует алгоритмы прогноза и расчёта различных характеристик атмосферы, внедряет результаты исследований.*	*Знать:* – процессы, наблюдаемые во внеполярных областях, которые через дальние связи могут оказывать воздействие на полярную стратосферу. *Уметь:* – учитывать тропосферно-стратосферное взаимодей-ствие при долгосрочном прогнозировании. *Владеть:* – навыками прогноза отдельных метеорологических характеристик полярной стратосферы.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах
2021 года набора

Объём дисциплины	Всегочасов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Объемдисциплины		
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	**56**	**16**
в томчисле:	**-**	**-**
лекции	**28**	**8**
занятиясеминарскоготипа:		
практическиезанятия	**28**	**8**
лабораторныезанятия		
Самостоятельная работа (далее – СРС) – **всего:**	**88**	**128**
в томчисле:	**-**	**-**
курсоваяработа		
контрольнаяработа		
Видпромежуточнойаттестации	**экзамен**	**экзамен**

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения
2021 года набора

№	Раздел / тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические задания	СРС			
1	*Циркуляция стратосферы в летний и зимний режимы в полярных регионах.*	3	2	-	2	Опрос на лекции.	ПК-3	ПК-3.1
2	*Планетарные волны. Потоки волновой активности*	3	4	6	9	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам	ПК-3	ПК-3.1

						контрольного расчетного задания		
3	*Ветровой режим полярной стратосферы*	3	2	2	10	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-3	ПК-3.1
4	*Термический режим полярной стратосферы*	3	2	2	10	Контрольное расчётное задание, опрос студентовпо результатам контрольного расчетного задания	ПК-3	ПК-3.1
5	*Внезапные стратосферные потепления*	3	4	4	12	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3
6	*Стратосферный полярный вихрь*	3	4	4	12	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3
7	*Стратосферный озон*	3	4	4	12	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3
8	*Климатические изменения полярных регионов*	3	4	6	11	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3

9	*Сезонное прогнозирование термодинамического режима стратосферы*	3	2	-	10	Контрольное расчётное задание, опрос студентов по результатам контрольного расчетного задания	ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3
	ИТОГО	**-**	**28**	**28**	**88**	**-**	**-**	**-**

Таблица 4.

Структура дисциплины для заочной формы обучения
2021 года набора

№	**Раздел / тема дисциплины**	**Год**	**Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.**			**Формы текущего контроля успеваемости**	**Формируемые компетенции**	**Индикаторы достижения компетенций**
			Лекции	**Практические задания**	**СРС**			
1	*Циркуляция стратосферы в летний и зимний режимы в полярных регионах. Планетарные волны. Вихри волновой активности*	2	2	2	20		ПК-3	ПК-3.1
2	*Внезапные стратосферные потепления*	2	2	2	42		ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3
3	*Стратосферный полярный вихрь*	2	2	2	36		ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3
4	*Климатические изменения полярных регионов*	2	2	2	30		ПК-3	ПК-3.2 ПК-3.3
	ИТОГО	**-**	**8**	**8**	**128**	**-**	**-**	**-**

4.3. Содержание ***разделов/тем*** дисциплины

4.3.1 Циркуляция стратосферы в летний и зимний режимы в полярных регионах.

Сравнение характеристик стратосферной циркуляции в полярных регионах в обоих полушариях. Переход стратосферы на летний и зимний режимы. Понимание роли стратосферы в изменчивости тропосферного климата.

4.3.2Планетарные волны. Потоки волновой активности

Стационарные планетарные волны. Волновые числа и амплитуды. Влияние орографии на формирование волновой активности. Потоки волновой активности Пламба и Элиассена-Пальма в зимнем полушарии.

4.3.3 Ветровой режим полярной стратосферы

Распределение зональной и меридиональной компонент ветра на высотах стратосферы в средних и высоких широтах в разные месяцы в обоих полушариях. Взаимодействие среднезонального потока и стационарных планетарных волн. Воздействие тропических естественных осцилляций на ветровой режим полярной стратосферы.

4.3.4Термический режим полярной стратосферы

Распределение температуры на высотах стратосферы в средних и высоких широтах в разные месяцы в обоих полушариях. Аномалии температуры в разные зимы в обоих полушарий. Воздействие тропических естественных осцилляций на термический режим полярной стратосферы.

4.3.5Внезапные стратосферные потепления (ВСП)

Мажорные и минорные ВСП. Особенности перестройки термодинамического режима стратосферы при финальных стратосферных потеплениях. Высокие, низкие и опускающиеся ВСП. Зарождение ранних потеплений над Канадой.

4.3.6Стратосферный полярный вихрь

Формирование стратосферного полярного вихря в зимней стратосфере и его экстремальные состояния. Разница между вихрями Северного и Южного полушарий. Связь вихря и волн планетарного масштаба. Смещение, вытягивание и расщепление стратосферного полярного вихря во время внезапных стратосферных потеплений. Влияние на погоду в приземном слое экстремальных состояний полярного вихря.

4.3.7Стратосферный озон

Тенденции изменчивости стратосферного озона в последние десятилетия. Химические и динамические причины изменения концентрации стратосферного озона. Влияние процессов в тропиках на внетропические изменения концентрации озона в полярной стратосфере обоих полушарий. Озоновые дыры.

4.3.8Климатические изменения полярных регионов

Изменение климата в тропосфере и стратосфере полярных регионов в обоих полушариях. Взаимодействие тропосферы и стратосферы. Таяние ледников. Изменение гидрологического режима Арктики. Климатические прогнозы.

4.3.9 Сезонное прогнозирование термодинамического режима стратосферы

Прогнозирование отдельных метеорологических характеристик стратосферы. Краткосрочное прогнозирование крупномасштабных явлений в стратосфере.

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5.

Содержание лабораторных занятий для очной формы обучения

№ темыдисциплины	Тематикапрактическихзанятий	Всегочасов	В том числе часов практической подготовки
2	Разложение геопотенциальной высоты на гармоники. Построение амплитуд стационарных планетарных волн и потоков волновой активности. Работа выполняется с использованием данных реанализа при помощи GRADS.	6	6
3	Построение графиков среднезональной компоненты ветра в стратосфере для высоких широт в обоих полушариях с использованием данных реанализа при помощи GRADS.	2	2
4	Построение графиков среднезональной температуры в стратосфере для высоких широт в обоих полушариях с использованием данных реанализа при помощи GRADS.	2	2
5	Построение аномалий температуры и отклонений среднезональной компоненты ветра от климатических значений для определения даты ВСП, а также высоты, на которой оно наблюдается. Работа выполняется с использованием данных реанализа при помощи GRADS.	4	4
6	Построение распределений для стандартных стратосферных термодинмаческих характеристик в условиях экстремальных состояний стратосферного полярного вихря с использованием данных реанализа при помощи GRADS.	4	4
7	Построение распределений концентраций озона для разных термодинамических режимов стратосферы. Работа выполняется с использованием данных реанализа при помощи GRADS.	4	4
8	Построение осредненных полей температуры, зональной и меридиональной компонент ветра и геопотенциальной высотыдля двух 11-летних циклов. Работа выполняется с использованием данных реанализа при помощи GRADS.	6	6

Таблица 6.

Содержание лабораторных занятий для заочной формы обучения

№ темы	Тематика практических занятий	Всегоч	В том числе

дисциплины		асов	часов практической подготовки
1	Разложение геопотенциальной высоты на гармоники. Построение амплитуд стационарных планетарных волн. Работа выполняется с использованием данных реанализа при помощи GRADS.	2	2
2	Построение аномалий температуры и отклонений среднезональной компоненты ветра от климатических значений для определения даты ВСП, а также высоты, на которой оно наблюдается. Работа выполняется с использованием данных реанализа при помощи GRADS.	2	2
3	Построение распределений для стандартных стратосферных термодинмаческих характеристик в условиях экстремальных состояний стратосферного полярного вихря с использованием данных реанализа при помощи GRADS.	2	2
4	Построение осредненных полей температуры, зональной и меридиональной компонент ветра и геопотенциальной высоты для двух 11-летних циклов. Работа выполняется с использованием данных реанализа при помощи GRADS.	2	2

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

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу. Дополнительно к лекционным и практическим занятиям студент может приходить на консультации с преподавателем, для чего студент может использовать возможности удаленного доступа (Интернет).

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

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале. Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 70;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 9;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 21.

6.1. Текущий контроль

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

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **экзамен.**

Форма проведения **экзамена**: *устно по билетам*

Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

ПК-3.1

1. Сравнение характеристик стратосферной циркуляции в полярных регионах обоих областей.
2. Внезапные стратосферные потепления. Определение и основные характеристики
3. Влияние ВСП на термодинамический режим стратосферы.
4. Стратосферный полярный вихрь. Определение и основные характеристики.
5. Стратосферный озон. Причины изменения концентрации
6. Озоновые дыры.

ПК-3.2

1. Метод наименьших квадратов при разложении метеорологической величины на гармоники
2. Прогноз экстремальных состояний стратосферного полярного вихря
3. Тенденция изменчивости стратосферного озона
4. Модельный сезонный прогноз термодинамического режима стратосферы зимнего полушария
5. Параметры, которые необходимо учитывать при прогнозе климата полярной стратосферы в обоих полушариях.

ПК-3.3

1. Вейвлет разложение Морле
2. Расчет потока волновой активности Пламба
3. Расчета потока волновой активности Элиассена-Пальма
4. Прогноз предикторов термодинамического режима зимней стратосферы полярных широт.
5. Тропосферно-стратосферное взаимодействие

Курсовая работа

Выполнение курсовой работы дисциплиной не предусмотрено.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 7.

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	**Баллы**
Посещение лекционных занятий	0-9
Опрос на лекциях	0-28
Контрольное расчётное задание №1	0-6
Контрольное расчётное задание №2	0-6
Контрольное расчётное задание №3	0-6
Контрольное расчётное задание №4	0-6
Контрольное расчётное задание №5	0-6
Контрольное расчётное задание №6	0-6
Контрольное расчётное задание №7	0-6
Промежуточная аттестация	0-21
ИТОГО	**0-100**

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 8.

Балльная шкала итоговой оценки на зачете

Оценка	**Баллы**
Зачтено	40-100
Незачтено	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 контролюи промежуточной аттестациипредставлены в Методическихрекомендации для обучающихся по освоению дисциплины «Атмосферные процессы в полярных регионах».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная

1. Полярные регионы (Арктика и Антарктика). Изменение климата и его последствия: неофициальный перевод гл. 15 рабочей группы 2 четвертого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) / авт. - сост.: О. А. Анисимов. - Москва: [б. и.], 2011.

2. Взаимодействие стратосферы и тропосферы = Stratospheretroposphereinteractions : научное издание / К. Моханакумар ; ред. : Р. Ю. Лукьянова. - Москва :Физматлит, 2011. - 452 с. - Предм. указ.: с. 448-452. - ISBN 978-5-9221-1348-9 (русск.)

3. Атмосферные процессы и вращение Земли / Н. С. Сидоренков. - Санкт-Петербург :Гидрометеоиздат, 2002. - 365 с.

4. Динамика экваториальной атмосферы : монография / Е. М. Добрышман. - Ленинград :Гидрометеоиздат, 1980. - 286, [2] с. : ил. - Библиогр.: с. 272-285.

Дополнительнаялитература

1. Использование тропосферно-стратосферных связей в методе долгосрочных метеорологических прогнозов для Антарктики / Г. Е. Рябков. - Текст : непосредственный // Труды ГНЦ РФ ААНИИ. - 1999. - Т. 441. - С. 52-58.

2. Связи межгодовых вариаций стратосферных потеплений, циркуляции тропосферы и температуры поверхности океанов Северного полушария / Е. А. Жадин. - Текст : непосредственный // Известия РАН; серия ФАО. - 2008. - № 5. - С. 641-653.

3. Модельный источник генерации осцилляции Маддена-Джулиана / К. К. Кандиева, О. Г. Анискина, А. И. Погорельцев. - Текст : непосредственный // Ученые записки РГГМУ. - 2017. - № 47. - С. 91-105.

4. Влияние южной осцилляции на динамику стратосферы и озоновый слой Арктики / А. Р. Яковлев, С. П. Смышляев. - Текст : непосредственный // Известия РАН; серия ФАО. - 2019. - т. 55, № 1. - С. 98-113.

5. Оценки связи вариаций атлантической долгопериодной осцилляции и Эль-Ниньо-Южного колебания / И. И. Мохов, Д. А. Смирнов. - Текст : непосредственный // Известия РАН; серия ФАО. - 2015. - Т. 51, № 5. - С. 533-542.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"
1.https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4020-8217-7
2. http://ra.rshu.ru/mps/dwnl/lab/pub/2015_vargin_vras_en.pdf
3. https://www.researchgate.net/publication/242091606_Seasonal_dependence_of_the_MJO-ENSO_relationship

8.3. Переченьпрограммногообеспечения
1. windows 7 48818295 20.07.2011
2. office 2010 49671955 01.02.2012
3. windows 7 48130165 21.02.2011
4. office 2010 49671955 01.02.2012
5. windows 7 48130165 21.02.2011
6. office 2010 49671955 01.02.2012
7. GNUFortran - компилятор (свободно распространяемое программное обеспечение).
8. GRADS - система анализа и представления данных (свободно распространяемое программное обеспечение).

8.4. Перечень информационных справочных систем
1. Библиотека РГГМУ

8.5. Перечень профессиональных баз данных
Профессиональные базы данных не используются

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования, обеспечивающим тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программе дисциплины
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспеченностью доступа к архиву метеорологических карт и наблюдений
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.

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 2023/2024 учебный год без изменений.
Протокол заседания кафедры метеорологических прогнозов от 30.06.2022 № 14

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2024/2025 учебный год для заочной формы обучения без изменений.
Протокол заседание кафедры метеорологических прогнозов от21.06.2023 № 12

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2025/2026 учебный год для заочной формы обучения без изменений.
Протокол заседание кафедры метеорологических прогнозов от 12.05.2024 № 11