

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа дисциплины  
**ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования по направлению подготовки

**05.04.05«Прикладная гидрометеорология»**

Направленность (профиль)  
**Прикладная метеорология**

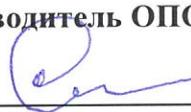
Уровень:

**Магистратура**

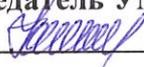
Форма обучения

**Очная/заочная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП

  
Смышляев С.П.

Председатель УМС РГГМУ

  
Палкин И.И.

Рекомендовано решением

Учебно-методического совета РГГМУ

  19   мая   2021   г., протокол №   8  

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры  
Метеорологических прогнозов

  4   мая   2021   г., протокол №   9  

Зав. кафедрой  Анискина О.Г.

Авторы-разработчики:

  
Анискина О.Г.

Санкт-Петербург 2021

### 1. Цель и задачи освоения дисциплины

**Цель** освоения дисциплины «Моделирование природных процессов в атмосфере» – подготовка высококвалифицированных специалистов, владеющих знаниями и навыками в объёме, необходимом для разработки и эксплуатации гидродинамических моделей атмосферы, а также к использованию результатов гидродинамического моделирования для исследования атмосферных процессов.

#### Задачи:

- освоение принципов разработки и функционирования гидродинамических моделей атмосферы,
- освоение методов решения уравнений гидродинамики атмосферы,
- освоение методов параметризации физических процессов и подготовки начальных данных;
- познание атмосферных процессов с использованием математического моделирования.

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Технические аспекты гидродинамического моделирования» для направления подготовки 05.04.05 – Прикладная гидрометеорология, профиль – Прикладная метеорология относится к факультативным дисциплинам.

Дисциплина изучается в 3 семестре очного обучения.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Моделирование природных процессов в атмосфере», «Базы гидрометеорологических данных», изучаемые в бакалавриате.

Параллельно с дисциплиной «Технические аспекты гидродинамического моделирования» изучаются: «Дальние связи в тропосфере с учетом тропосферно-стратосферного взаимодействия», «Нелинейные процессы и взаимодействия в атмосфере Земли», «Базы гидрометеорологических данных».

Результаты освоения дисциплины «Технические аспекты гидродинамического моделирования» могут быть использованы при выполнении научно-исследовательской работы и при подготовке и защите выпускной квалификационной работы.

### 3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:

ПК-3

Таблица 2.

#### Общепрофессиональные компетенции

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции	Результаты обучения
ПК-3. Способен анализировать комплекс физических процессов, приводящих к возникновению разномасштабных	ПК-3.1 - Анализирует дальние связи для исследования динамики климатической системы с применением современных методов.	<b>Знать:</b> - технические аспекты анализа дальних связей <b>Уметь:</b> - использовать технические средства для проведения метеорологических исследований; <b>Владеть:</b>

явлений в атмосфере, в том числе с целью их прогнозирования		- навыками использования технических средств для анализ климатических системы.
	ПК-3.2 - Прогнозирует разномасштабные явления в атмосфере	<b>Знать:</b> - технические аспекты прогноза разномасштабных процессов в атмосфере; <b>Уметь:</b> - использовать технические средства для прогноза разномасштабных процессов в атмосфере; <b>Владеть:</b> - навыками прогноза разномасштабных процессов в атмосфере с использованием современных технических средств.
	ПК-3.3 Разрабатывает и корректирует алгоритмы прогноза и расчёта различных характеристик атмосферы, внедряет результаты исследований.	<b>Знать:</b> - технические алгоритмы прогноза различных характеристик атмосферы; <b>Уметь:</b> - использовать технические средства разработки алгоритмов прогноза различных характеристик атмосферы; <b>Владеть:</b> - навыками использования технических средства для корректировки алгоритмов прогноза различных характеристик атмосферы .

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### 4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

Таблица 4.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах, 2021 год набора

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Объем дисциплины	72	72
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) –	28	8

<b>всего:</b>		
в том числе:	-	
лекции	<b>14</b>	<b>4</b>
Занятия семинарского типа:		
Практические занятия	<b>14</b>	<b>4</b>
<b>Самостоятельная работа</b> (далее – СРС) – <b>всего:</b>	<b>44</b>	<b>64</b>
в том числе:	-	
Контрольная работа		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Зачёт 3 семестр</b>	<b>Зачёт 2 год</b>

#### 4.2. Структура дисциплины

Таблица 5.

Структура дисциплины для очной формы обучения

№	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 занятия	СРС			
1	Форматы данных, используемые в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов.	3	2	2	6	Вопросы на лекции, опрос перед выполнением практической работы, отчёт по практической работе	ПК-3	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3;
2	Программные комплексы по обработке данных гидродинамического моделирования	3	2	2	6	Вопросы на лекции, опрос перед выполнением практической работы, отчёт по практической работе	ПК-3	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3;
3	Основные источники данных о результатах гидродинамического моделирования	3	2	2	6	Вопросы на лекции, опрос перед выполнением практической работы, отчёт по практической	ПК-3	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3;

	атмосферных процессов.					работе		
4	Технология составления гидродинамических прогнозов в различных мировых центрах.	3	2	2	6	Вопросы на лекции, опрос перед выполнением практической работы, отчёт по практической работе	ПК-3	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3;
5	Технологии ансамблевого прогноза. Обработка результатов ансамблевого прогнозирования.	3	2	2	6	Вопросы на лекции, опрос перед выполнением практической работы, отчёт по практической работе	ПК-3	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3;
6	Статистический анализ результатов гидродинамического моделирования. Верификация и уточнение результатов гидродинамического моделирования	3	4	4	14	Вопросы на лекции, опрос перед выполнением практической работы, отчёт по практической работе	ПК-3	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3;
	<b>ИТОГО</b>	-	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>44</b>			

Структура дисциплины для заочной формы обучения

№	Раздел / тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Лабораторные занятия	СРС			
1	Форматы данных, используемые в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов. Программные комплексы по обработке данных гидродинамического моделирования	3	2	-	16	Вопросы на лекции	ПК-3	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3;
2	Основные источники данных о результатах гидродинамического моделирования атмосферных процессов. Технология составления гидродинамических прогнозов в различных мировых центрах.	3	-	2	16	Опрос перед выполнением практической работы, отчёт по практической работе	ПК-3	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3;
3	Технологии ансамблевого прогноза.	3	2	-	16	Вопросы на лекции	ПК-3	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3;

	Обработка результатов ансамблевого прогнозирования.							
4	Статистический анализ результатов гидродинамического моделирования Верификация и уточнение результатов гидродинамического моделирования	3	-	2	16	Опрос перед выполнением практической работы, отчёт по практической работе	ПК-3	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3;
	<b>ИТОГО</b>	-	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>64</b>			

### 4.3. Содержание разделов дисциплины

#### 4.2.1 Форматы данных, используемые в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов.

Текстовый формат. Бинарный формат. GRIB1. GRIB2. Netcdf. Работа с данными.

#### 4.2.2 Программные комплексы по обработке данных гидродинамического моделирования.

Программные комплексы CDO. GRADS. PANOPLY.

#### 4.2.3 Основные источники данных результатов гидродинамического моделирования атмосферных процессов

Мировые метеорологические центры, осуществляющие прогноз погоды и климата. Основные гидродинамические модели прогноза погоды и климата. Методики получения реанализа. Данные используемые в реанализе. Реанализ различных центров: NCEP/NCAR, ECMFW, MERRA, MetOffice, JRA. Сравнение реанализов.

#### 4.2.4 Технология составления гидродинамических прогнозов в различных мировых центрах

Мировые метеорологические центры, составляющие прогнозы погоды. Технологическая линия составления прогноза погоды. Заблаговременность прогнозов погоды. Технические аспекты составления прогноза погоды. Суперкомпьютеры и их использование в метеорологических исследованиях. Параллельные алгоритмы при моделировании атмосферных процессов.

#### 4.2.5 Технологии ансамблевого прогноза. Обработка результатов ансамблевого прогнозирования

Ансамблевый прогноз. Методики составления ансамблевого прогноза. Мировые метеорологические центры, предоставляющие результаты ансамблевого прогнозирования. Результаты ансамблевого прогноза различных метеорологических центров. Составление

графиков «спагетти». Анализ статистических характеристик на основе ансамблевого прогноза. Оценка вероятности прогностических значений на основе ансамблевого прогноза.

**4.2.6 Статистический анализ результатов гидродинамического моделирования.**  
**Верификация результатов гидродинамического моделирования. Уточнение результатов гидродинамического моделирования**

Постпроцессинг. ModelOutputStatistics. Статистический даунсайлинг. Регрессионный анализ. Методы верификации результатов моделирования. Верификация прогноза непрерывных величин. Верификация прогноза дихотомических величин. Верификация категорического прогноза. Матрица сопряжённости для оценки качества моделирования. Уточнение прогноза на основе даунсайлинга, регрессионного анализа, модельной статистики.

**4.4. Содержание практических занятий**

Таблица 11.

Содержание практических занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Форматы данных, используемые в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов.	2	2
2	Программные комплексы по обработке данных гидродинамического моделирования	2	2
3	Основные источники данных о результатах гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	2	2
4	Технология составления гидродинамических прогнозов в различных мировых центрах.	2	2
5	Технологии ансамблевого прогноза. Обработка результатов ансамблевого прогнозирования.	2	2
6	Статистический анализ результатов гидродинамического моделирования Верификация и уточнение результатов гидродинамического моделирования	4	4

Содержание практических занятий для заочной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
2	Основные источники данных о результатах гидродинамического моделирования атмосферных процессов.	2	2
4	Статистический анализ результатов	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 - 56;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 14;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 30;

### 6.1. Текущий контроль

6.1.1. Вопросы на лекции. Студентам предлагаются вопросы по каждому разделу с последующим их домашним анализом и письменными ответами на следующей лекции.

6.1.2. Решение задач по разделам. Студентам предлагаются задачи для домашнего решения и последующей проверки.

6.1.3. Беседа со студентами (коллоквиум) перед выполнением каждой лабораторной работы.

6.1.4. Прием и проверка отчета по каждой лабораторной работе.

### 6.2. Промежуточная аттестация

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

Форма проведения **зачёт** *устно по билетам*

**Перечень вопросов для подготовки к зачёту:**

ПК-2

1. Текстовый формат данных.
2. Бинарный формат данных.
3. Формат GRIB1.
4. Формат GRIB2.
5. Формат Netcdf.
6. Конвертирование данных.
7. Программные комплексы CDO.
8. Программные комплексы GRADS.
9. Программные комплексы PANOPLY.
10. Мировые метеорологические центры, осуществляющие прогноз погоды и климата.
11. Основные гидродинамические модели прогноза погоды и климата.
12. Методики разработки реанализа.
13. Данные используемые в реанализе.
14. Реанализ различных центров: NCEP/NCAR, ECMFW, MERRA, MetOffice, JRA.
15. Сравнение реанализов.
16. Суперкомпьютеры в метеорологии.

17. Параллельные технологии.
18. Мировые метеорологические центры, составляющие прогнозы погоды.
19. Технологическая линия составления прогноза погоды.
20. Заблаговременность прогнозов погоды.
21. Технические аспекты составления прогноза погоды.
22. Ансамблевый прогноз.
23. Методики составления ансамблевого прогноза.
24. Мировые метеорологические центры, предоставляющие результаты ансамблевого прогнозирования.
25. Результаты ансамблевого прогноза различных метеорологических центров.
26. Составление графиков «спагетти».
27. Анализ статистических характеристик на основе ансамблевого прогноза.
28. Оценка вероятности прогностических значений на основе ансамблевого прогноза.
29. Постпроцессинг.
30. ModelOutputStatistics.
31. Статистический даунсайлинг.
32. Регрессионный анализ.
33. Методы верификации результатов моделирования.
34. Верификация прогноза непрерывных величин.
35. Верификация прогноза дихотомических величин.
36. Верификация категорического прогноза.
37. Матрица сопряжённости для оценки качества моделирования.
38. Уточнение прогноза на основе даунсайлинга, регрессионного анализа, модельной статистики.

### 6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 14.

Распределение баллов по видам учебной работы

<b>Вид учебной работы, за которую ставятся баллы</b>	<b>Баллы</b>
Посещение лекционных занятий	0-14
Выполнение и отчёт по лабораторной работе №1	0-6
Выполнение и отчёт по лабораторной работе №2	0-10
Выполнение и отчёт по лабораторной работе №3	0-10
Выполнение и отчёт по лабораторной работе №4	0-10
Выполнение и отчёт по лабораторной работе №5	0-10
Выполнение и отчёт по лабораторной работе №6	0-10
Промежуточная аттестация	30
<b>ИТОГО</b>	<b>0-100</b>

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 48 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 16.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

<b>Оценка</b>	<b>Баллы</b>
Отлично	85-100
Хорошо	65-84
Удовлетворительно	40-64
Неудовлетворительно	0-39

## **7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины**

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Численные методы решения гидрометеорологических задач».

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

#### **Основная литература**

1. Клемин, В.В. Динамика атмосферы Воен.-косм. акад. им. А.Ф. Можайского; В.В. Клёмин, Ю.В. Кулешов, С.С. Суворов, Ю.Н. Волконский ; [под общ. ред. С.С. Суворова и В.В. Клёмина]. - Санкт-Петербург: Наука, 2013. - 420 с.
2. Бахвалов, Н. С. Численные методы [Электронный ресурс] / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 7-е изд. (эл.). - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 636 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=365807>

#### **Дополнительная литература**

1. Репинская Р. П. , Анискина О. Г. Конечно-разностные методы в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов. – СПб.: РГГМИ, 2001 [http://elibrshu.ru/files\\_books/pdf/img-213172857.pdf](http://elibrshu.ru/files_books/pdf/img-213172857.pdf)
2. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982
3. Мезингер Ф., Аракава А. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – М.: Наука, 1979
4. Белов Н. П., Борисенков Е. П., Панин Б. Д.. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. [http://elibrshu.ru/files\\_books/pdf/img-090589.pdf](http://elibrshu.ru/files_books/pdf/img-090589.pdf)
5. Белов Н. П. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975.

### **8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"**

1. Электронный ресурс NOAA National Centers For Environmental Information. Режим доступа: [http://web.kma.go.kr/eng/biz/forecast\\_02.jsp](http://web.kma.go.kr/eng/biz/forecast_02.jsp)
2. Электронный ресурс Met Office Numerical Weather Prediction models. Режим доступа: <http://www.metoffice.gov.uk/research/modelling-systems/unified-model/weather-forecasting>
3. Электронный ресурс Numerical Weather Prediction NWP. Режим доступа: <http://www.rmets.org/weather-and-climate/weather/numerical-weather-prediction-nwp>

### **8.3. Перечень программного обеспечения**

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. Электронно-библиотечная система ГидроМетеоОнлайн. Режим доступа: <http://elib.rshu.ru>
2. Электронно-библиотечная система Знаниум. Режим доступа: <http://znanium.com>

#### 8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. Электронно-библиотечная система elibrary;
2. База данных издательства SpringerNature;

### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

**Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам 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

1. **Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
2. **Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.
3. **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