Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ДВ.03.02.02 Интерпретация результатов численного моделирования атмосферы

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.03.05 Прикладная гидрометеорология

Направленность (профиль)
«Авиационная метеорология»

Уровень
Бакалавриат

Форма обучения
Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП
_____Т.С. Ермакова

Утверждено
Проректор по учебной работе
_____Н.О. Верещагина

Рекомендована решением
Учёного совета метеорологического факультета
30.06.2023, протокол № 12

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
метеорологических прогнозов
5 мая 2023 г., протокол № 10
Зав. кафедрой _____О.Г. Анискина

Авторы-разработчики:
к.ф.м.н. О.Г. Анискина

Санкт-Петербург
2023

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2024/2025 учебный год без изменений

Протокол заседания кафедры метеорологических прогнозов 07.06.2024 № 13

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2025/2026 учебный год без изменений

Протокол заседания кафедры метеорологических прогнозов 12.05.2025 № 11

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – сформировать профессиональную компетенцию, а также необходимый объём знаний, умений и навыков, необходимых для использования в оперативной прогностической деятельности при составлении авиационных прогнозов погоды результатов численного моделирования атмосферных процессов.

Задачи дисциплины:

1. Сформировать знание:
   - современных методов численного моделирования региональных атмосферных процессов,
   - современных методов обработки результатов численного моделирования атмосферы в целях прогноза опасных для авиации метеорологических явлений,
   - методов решения профессиональных задач авиационного синоптика с использованием результатов численного моделирования атмосферных процессов.
2. Сформировать умение:
   - получать результаты численных моделей атмосферы и их анализировать с целью выявления критических для полётов метеорологических условий,
   - разрабатывать алгоритмы и выбирать методы интерпретации результатов численного прогноза погоды,
3. Сформировать владение
   - навыками работы с результатами численных моделей прогноза погоды разного пространственно-временного масштаба,
   - навыками применения современных технологий для интерпретации и визуализации результатов численных моделей атмосферы.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Интерпретация результатов численного моделирования атмосферы» для направления подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология, направленность/профиль – Авиационная метеорология относится к части дисциплин, формируемой участниками образовательных отношений, изучается в 7 семестре для освоения профессиональных компетенций.

Изучению данной дисциплины предшествует изучение следующих дисциплин:

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Физика», «Математика», «Прикладная математика», «Прикладная физика», «Иностранный язык», «Общая метеорология», «Введение в метеорологическую специальность», «Динамическая метеорология», «Компьютерные технологии в профессиональной деятельности».

Параллельно с дисциплиной «Интерпретация результатов численного моделирования атмосферы» в 7 семестре изучаются следующие дисциплины:

«Региональные численные модели», «Моделирование атмосферных процессов», «Прикладная климатология», «Наукастинг для авиации», «Комплексный анализ метеорологической информации в интересах авиационных пользователей», «Региональные особенности атмосферных процессов».

Дисциплина «Интерпретации результатов численного моделирования атмосферы» является базовой при освоении дисциплин:

«Метеорологическое обеспечение полётов», «Специальные вопросы синоптики в задачах авиационной метеорологии», «Наукастинг для авиации», «Комплексный анализ метеорологической информации в интересах авиационных пользователей», при прохождении практик, написании выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:
ПК-3

Таблица 1. Компетенции

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
ПК-3. Способен анализировать региональные атмосферные процессы и местные климатические особенности, выявлять критически важные метеорологические факторы, в том числе антропогенные, влияющие на авиационную деятельность, прогнозировать метеорологические условия с использованием современных методов и технологий	ПК-3.1. Знает физику атмосферы и механизмы формирования региональных атмосферных процессов, опасные для авиации метеорологические явления, механизмы формирования и изменения климатических условий ПК-3.2. Умеет выявлять и анализировать критические метеорологические факторы, представляющие угрозу для безопасности полетов ПК-3.3. Навыками прогнозирования метеорологических условий с применением современных технологий	Знать: – современные методы математического моделирования атмосферных процессов; Уметь: – выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения профессиональных задач с использованием математического моделирования атмосферных процессов; Владеть: – навыками обработки и анализа данных математических моделей атмосферы; – навыками работы с результатами современных математических моделей атмосферы.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов

Таблица 2. Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объём дисциплины	Очная форма обучения 7 семестр
Зачётные единицы	3
Объём дисциплины	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	47
в том числе:	
лекции	18
занятия семинарского типа:	28
практические занятия	–
лабораторные занятия	28
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	60,84
в том числе:	–
контрольная работа	–
курсовая работа	–
Контроль:	1,16
ВСЕГО ЧАСОВ	108
Вид промежуточной аттестации	Зачёт с оценкой

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3. Структура дисциплины

№	Тема дисциплины	Виды учебной работы, в том числе самостоятельная работа студентов, час.				Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
		Лекции	Лабораторныезанятия	Практические занятия	СРС			
1	Тема 1. Введение: Особенности численного моделирования атмосферы	2	–		0,84	Электронное тестирование Moodle (тест № 1)	ПК-3	ПК-3-1
2	Тема 2. Разрешение численных моделей атмосферы и его влияние на интерпретацию прогнозов	2	2		6	Отчёт о выполнении лабораторной работы № 1	ПК-3	ПК-3-1
3	Тема 3. Оценка ошибок численных прогнозов погоды	2	4		8	Электронное тестирование Moodle (тест № 2), отчёт о выполнении лабораторной работы № 2	ПК-3	ПК-3-1

4	Тема 4. Объективная интерпретация численных прогнозов метеорологических величин	2	4		8	отчёт о выполнении лабораторной работы № 3	ПК-3	ПК-3-1
	Текущий контроль успеваемости- 1,0							
5	Тема 5. Базы и архивы данных численных прогнозов погоды	2	2		8	отчёт о выполнении лабораторной работы № 4	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2 ПК-3-3
6	Тема 6. Программные средства обработки и визуализации результатов численного моделирования атмосферы	2	4		6	отчёт о выполнении лабораторной работы № 5	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2 ПК-3-3
7	Тема 7. Статистические методы корректировки результатов численного моделирования атмосферы	2	4		8	Электронное тестирование в Moodle (тест № 3), отчёт о выполнении лабораторной работы № 6	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2 ПК-3-3
8	Тема 8. Прогноз опасных явлений погоды по результатам численного моделирования атмосферы	2	4		8	Электронное тестирование в Moodle (тест № 4), отчёт о выполнении лабораторных работ № 7	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2 ПК-3-3
9	Тема 9. Интерпретация результатов ансамблевого численного моделирования	2	4		8	Отчёт о выполнении лабораторной работы № 8	ПК-3	ПК-3-1, ПК-3-2 ПК-3-3
	Промежуточная аттестация – 0,16							
	Итого	18	28		60,84			
	Всего часов: 108							

4.3. Содержание тем дисциплины

Таблица 4. Содержание тем дисциплины

№	Наименование раздела/темы дисциплины	Содержание	Компетенция
1	Тема 1. Введение: Особенности численного моделирования атмосферы	Роль и место дисциплины в освоении метеорологической специальности. Цели и задачи дисциплины. Содержание дисциплины и её связь с другими дисциплинами. Понятие численного моделирование. Роль численных методов в разработке численных прогнозов. Значение начальных условий и описания подсеточных процессов.	ПК-3
2	Тема 2. Разрешение численных моделей атмосферы и его влияние на интерпретацию прогнозов	Влияние разрешения численных моделей атмосферы на описание особенностей полей метеорологических величин. Разрешение современных глобальных и региональных численных моделей атмосферы. Связь методов интерпретации численных прогнозов и разрешения модели. Интерполяция, экстраполяции.	ПК-3
3	Тема 3. Оценка ошибок численных прогнозов погоды	Меры оценки качества численных прогнозов. Верификация результатов численных прогнозов. Статистические методы оценки качества численных прогнозов. Матрица сопряженности. Оправдываемость численных прогнозов погоды.	ПК-3
4	Тема 4. Объективная интерпретация численных прогнозов метеорологических величин	Методы детализации численных прогнозов погоды (статистическая, физическая, динамическая, физико-статистическая). Использование искусственного интеллекта для детализации результатов численного прогноза погоды.	ПК-3
5	Тема 5. Базы и архивы данных численных прогнозов погоды	Методы доступа к базам и архивам данных численного прогноза погоды. Форматы данных результатов численного прогноза погоды.	ПК-3
6	Тема 6. Программные средства обработки и визуализации результатов численного моделирования атмосферы	Программные средства работы с результатами численного прогноза погоды (fortran, python,r,octave, ncl,cdo). Компьютерные системы для анализа и визуализации результатов численного прогноза погоды (opengrads, panoply, met)	ПК-3
7	Тема 7. Статистические методы корректировки результатов численного моделирования атмосферы	Методы статистической корректировки. Регрессионных анализ (шаговая регрессия вперёд и назад, множественная регрессия). Методы MOS. Объектный подход	ПК-3
8	Тема 8. Прогноз опасных явлений погоды по результатам численного моделирования атмосферы	Обработка результатов численного моделирования с целью предупреждения об опасных явлениях погоды для авиации. Статистика редких явлений. Индексы неустойчивости. Кластеризация. Нейросетевые технологии. Адаптация синоптических методов к обработке результатов численного моделирования.	ПК-3
9	Тема 9. Интерпретация результатов ансамблевого численного моделирования	Парадигма ансамблевого численного прогноза. Методы обработки результатов численного ансамблевого прогноза (спагетти, почтовые марки, вероятностные подходы).	ПК-3

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5. Содержание лабораторных занятий

№	№ темы дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Всего часов	В том числе часов самостоятельной подготовки
1	2	Лабораторная работа № 1 Оценка влияния разрешения численной модели на качество прогноза по результатам модели WRF-ARW	2	6
2	3	Лабораторная работа № 2 Верификация численной модели по результатам модели WRF-ARW	4	8
3	4	Лабораторная работа № 3 Динамический даунскейлинг на примере мезомасштабной модели WRF-ARW	4	8
4	5	Лабораторная работа № 4 Базы данных численного прогноза погоды	2	8
5	6	Лабораторная работа № 5 Анализ и визуализация результатов численного прогноза с использованием opengrads и panoply	4	6
6	7	Лабораторная работа № 6 Построение регрессионной модели для корректировки результатов численного моделирования	4	8
7	7	Лабораторная работа № 7 Прогноз гроз по данным численной модели WRF-ARW	4	8
8	9	Лабораторная работа № 8 Анализ и визуализация результатов ансамблевого прогноза	4	8

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).
Презентации, материалы лекции, ссылки на учебники представлены в системе moodle по адресу https://moodle.rshu.ru/.
На сервере дистанционного обучения РГГМУ (https://moodle.rshu.ru/) представлены задания на лабораторные и практические работы и алгоритм их выполнения.

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

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале.

Таблица 6. Учёт успеваемости обучающегося по дисциплине

Учет успеваемости	Количество баллов
– Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр	100
– Максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля:	100
в том числе максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации	20

6.1. Текущий контроль

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

6.2. Промежуточная аттестация

Перечень вопросов и критерии оценивания ответов на вопросы в билете по темам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: зачет с оценкой.

Форма проведения зачета с оценкой: устный ответ на два вопроса в билете.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Во время учебного процесса для аттестации каждого студента составляется технологическая карта следующего вида:

Таблица 7.1. Распределение баллов по текущему контролю успеваемости

№	Вид работ	Min	Max
1.	Обязательная часть		
1.1	Текущий контроль успеваемости по проверке сформированности знаний		
1.1.1	Тест (Min – 30-49% правильных ответов, max -85-100% правильных ответов)	2	4
1.1	Выполнение лабораторных работ	8	36
1.1.1	Лабораторная работа № 1	1	4
1.1.2	Лабораторная работа № 2	1	4
1.1.3	Лабораторная работа № 3	1	4
1.1.4	Лабораторная работа № 4	1	4
1.1.5	Лабораторная работа № 5	1	5
1.1.6	Лабораторная работа № 6	1	5
1.1.7	Лабораторная работа № 7	1	5
1.1.8	Лабораторная работа № 8	1	5
Итого баллов по обязательной части		10	40
2.	Вариативная часть		
2.1	Тест (базовый уровень сложности)	10	25
2.1.1	Тест на тему «Особенности численного моделирования атмосферы»	2	5
2.1.2	Тест на тему «Оценка ошибок численных прогнозов»	2	5
2.1.3	Тест на тему «Статистические методы корректировки результатов численного моделирования атмосферы»	2	5
2.1.4	Тест на тему «Прогноз опасных явлений погоды по результатам численного моделирования атмосферы	6	10
2.2	Выполнение индивидуальных заданий		80
2.2.1	Создание архива данных численного моделирования одной из мировых численных глобальных моделей		10
2.2.2	Построение модели множественной регрессии для корректировки результатов численной модели на аэродроме		10
2.2.3	Построение нейросетевой модели для корректировки результатов моделирования на аэродроме		30
2.2.3	Разработка программного продукта на python для визуализации и анализа результатов численной модели атмосферы		30
2.3	Участие в олимпиаде по моделированию атмосферных процессов:		10
2.4.1	участник внутривузовской олимпиады		1
2.3.2	призер внутривузовской олимпиады		5
2.3.3	участие в межвузовской олимпиаде		2
2.3.4	призер межвузовской олимпиады		10
2.3.5	призер национальной олимпиады		20
3.1	Участие в стартап-проекте, связанном с моделированием атмосферных процессов		10

3.2	Участие в акселерационной программе университета / конкурсе грантов Росмолодежи с проектом, связанным с моделированием атмосферных процессов		10
3.2.1	участие		10
3.2.2	победа		20
Итого баллов по вариативной части		30	60
4.1	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	20
Итого баллов по дисциплине		40	100

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 7.2. Конвертация баллов в итоговую оценку

Оценка	Баллы
Зачтено (отлично)	85-100
Зачтено (хорошо)	64-84
Зачтено (удовлетворительно)	40-63
Не зачтено (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 и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины «Интерпретация результатов численных моделей атмосферы».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Истягина, Е. Б. Математическое моделирование : учебное пособие / Е. Б. Истягина, А. А. Пьяных, Т. А. Пьяных. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2022. - 124 с. - ISBN 978-5-7638-4557-0. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/
2. Балакин, А. А. Численные методы и математическое моделирование : учебное пособие / А. А. Балакин. - Долгопрудный : Интеллект, 2022. - 288 с. - ISBN 978-5-91559-297-0. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1870014
3. Цепелев В.Ю., Анискина О.Г. Ансамблевый прогноза: составление, использование, интерпретация.– СПб: Издательско-полиграфическая ассоциация ВУЗ, 2022.– 110 с.

Дополнительная литература

1. Репинская Р. П. Анискина О. Г. Конечно-разностные методы в гидродинамическом моделировании атмосферных процессов. – СПб.: РГГМИ, 2001 http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-213172857.pdf
2. Анискина О.Г., Репинская Р.П. Проекционные методы в атмосферных моделях.– СПб, 2019.– 115 с.
3. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982
4. Мезингер Ф., Аракава А. Численные методы, используемые в атмосферных моделях. – М.: Наука, 1979

5. 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.
6. 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

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Электронный ресурс: Гидрометцентр РФ. Режим доступа - https://meteoinfo.ru/
2. Образовательная платформа Нетология [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://netology.ru/
3. Образовательная платформа Яндекс Практикум [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://practicum.yandex.ru/
4. Образовательная платформа Skillbox [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://skillbox.ru/
5. Образовательная платформа SkillFactory [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://skillfactory.ru/
6. Образовательная платформа Открытое образование [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://openedu.ru/
7. Образовательная платформа Лекториум [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.lektorium.tv/

8.3. Перечень программного обеспечения

1. office 2010 49671955 01.02.2012
2. windows 7 48130165 21.02.2011
3. GNU Fortran - компилятор (свободно распространяемое программное обеспечение).
4. 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
3. Электронный каталог Научной библиотеки РГГМУ. Режим доступа: http://elib.rshu.ru
4. Электронный каталог библиотеки РНБ Режим доступа: https://nlr.ru/nlr_visit/RA1812/elektronnyie-katalogi-rnb
5. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн». Режим доступа https://biblioclub.ru/
6. Электронная образовательная платформа «Юрайт» https://urait.ru/
7. Электронная библиотечная система elibrary. Режим доступа https://elibrary.ru
8. Электронная научная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/

8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. База данных исследований Центра стратегических разработок [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.csr.ru/ru/research/
2. База данных международных индексов научного цитирования Scopus [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.scopus.com/
3. База данных международных индексов научного цитирования Web of Science [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://webofscience.com/
4. База данных НП «Международное Исследовательское Агентство «Евразийский Монитор» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://eurasiamonitor.org/issliedovaniia
5. База книг и публикаций электронной библиотеки «Наука и Техника» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://n-t.ru/
6. Базы данных официальной статистики Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/statistic
7. Электронная библиотечная система «Znanium» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://znanium.ru/
8. Электронная библиотечная система «Юрайт» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://urait.ru/
9. Электронная научная библиотека «Elibrary» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://elibrary.ru/
10. Электронная научная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программе дисциплины

Учебная аудитории 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.