

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.Н. Здрок

31 мая 2021 г.

Регистрационный № 9740/уч.



ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:
1-31 02 02 Гидрометеорология

2021 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 02 02-2019 и учебного плана УВО G 31-226/уч. от 13.07.2018 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

А. Г. Светашев, доцент кафедры общего землеведения и гидрометеорологии, кандидат физико-математических наук;

Н.В. Дорожко, преподаватель кафедры общего землеведения и гидрометеорологии.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.И. Мельник, ведущий научный сотрудник Института природопользования НАН Беларуси, кандидат географических наук, доцент

А.Н. Красовский, доцент кафедры теоретической физики физического факультета БГУ, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой общего землеведения и гидрометеорологии Белорусского государственного университета
(протокол № 9 от 16 марта 2021 г.);

Научно-методическим Советом Белорусского государственного университета
(протокол № 4 от 29 марта 2021 г.)

Заведующий кафедрой _____ Гледко Ю.А.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Численный анализ атмосферных процессов» разработана для студентов специальности 1-31 02 02 Гидрометеорология. Изложение изучаемой дисциплины предполагает знание таких дисциплин специальности, как «Моделирование гидрологических и метеорологических процессов», «Физическая метеорология», «Синоптическая метеорология» и «Динамическая метеорология».

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель дисциплины заключается в подготовке специалистов, владеющих основами теоретических знаний в области развития моделей численного анализа гидрологических и атмосферных процессов, а также практическими навыками проведения расчетов с использованием наиболее современных программ и компьютерных технологий.

В задачи дисциплины входят:

- формирование у студентов знаний о физических основах, принципах и методах построения численных моделей атмосферы и гидросферы, а также методах анализа гидрологических и метеорологических явлений,
- знакомство с самыми передовыми разработками в области численных моделей атмосферных и гидрологических процессов
- получение студентами практических навыков по использованию современных компьютерных систем для численного моделирования, анализа и прогноза реальных погодных и гидрологических ситуаций

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Атмосферные процессы» государственного компонента.

Связи с другими учебными дисциплинами. Данная учебная дисциплина органически связана со следующими дисциплинами: «Гидрология», «Гидрологические расчеты» и «Моделирование гидрологических и метеорологических процессов».

Требование к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Численный анализ атмосферных процессов» должно обеспечить формирование следующей **базовой профессиональной** компетенции:

БПК-9 – Быть способным вести аэрологические наблюдения, их обработку и анализ для оценки метеоусловий территории; использовать численный анализ для моделирования процессов в тропосфере.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- физические основы возникновения и развития атмосферных процессов;

- основные физические характеристики метеорологических и гидрологических явлений;
- гидроэкологические особенности формирования стока рек;
- основные признаки и критерии опасных гидрологических и погодных явлений;
- основные принципы и методы численного анализа и компьютерного моделирования;
- основы программирования на компилируемых и «скриптовых» языках
- общее устройство и приемы проведения расчетов и распараллеливания вычислений на многопроцессорных системах;
- основные методы получения и использования метеорологической и гидрологической информации с помощью различных систем и интернет источников;
- основные методы численного моделирования стока и водного баланса водоемов;
- основные методы оценки и численного моделирования метеорологических явлений, оказывающих влияние на гидрологические процессы;
- основные принципы построения систем автоматизированного прогноза гидрологических и метеорологических явлений различных пространственных и временных масштабов;

уметь:

- получать необходимую информацию из открытых источников, включая интернет;
- готовить входные данные для проведения модельных расчетов в системах прогноза метеорологических и гидрологических явлений WRF и GSFLOW;
- проводить численное моделирование реальных погодных и гидрологических ситуаций в системах WRF и GSFLOW, в том числе и с использованием суперкомпьютеров
- оценивать информацию, получаемую в результате проведенных расчетов, производить ее первичную обработку
- использовать полученные данные для анализа физических процессов и явлений, происходящих в атмосфере, а также для оценки их влияния на гидрологические объекты.

владеть:

- навыками и методами применения информации, полученной численным моделированием, в научно-исследовательской и практической (прогностической) деятельности.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 7 семестре. Форма получения высшего образования – дневная, очная.

Всего на изучение учебной дисциплины «Численный анализ атмосферных процессов» отведено: 200 часов, в том числе 88 аудиторных часов, из них: лекции - 34 часа, лабораторные занятия 46 часов, управляемая самостоятельная работа – 8 часов (ДО).

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Современное состояние теории и практики численных методов моделирования, анализа и прогноза погоды

Краткий исторический обзор развития методов анализа климатических процессов и развития численных моделей. Подходы к численному анализу климатических систем. Область применения численных методов при моделировании атмосферных процессов. Объект, предмет и задачи численного моделирования погодных условий. Возможности прогнозирования климатических систем.

Тема 2. Физика численного моделирования атмосферных процессов.

Атмосфера – система численного моделирования атмосферы. Физические процессы атмосферы, применяемые в численном анализе. Принципы построения физических и численных моделей климата и океана.

Тема 3. Орбитальные методы исследования атмосферных процессов, параметров атмосферы и подстилающей поверхности

Методы дистанционного зондирования Земли. Основные приборы ДЗЗ. Техника и способы получения атмосферных данных. Использование орбитальных наблюдений метеопараметров. Перспективные направления применения орбитальных методов исследования атмосферных процессов, параметров атмосферы и подстилающей поверхности в численном анализе.

Тема 4. Виды численных моделей. Моделирование атмосферных процессов различных масштабов

Виды численных моделей атмосферы. Классификация и основные типы современных систем для численного моделирования гидрологических и метеорологических процессов.

Моделирование атмосферных процессов различных масштабов. Модели атмосферы и численное моделирование атмосферных процессов на примере мезомасштабной региональной системы WRF.

Тема 5. Модель численного прогноза мезомасштабных атмосферных явлений WRF

Общий обзор и характеристика мезомасштабной модели прогноза погоды и анализа атмосферных процессов WRF. Основные компоненты системы мезомасштабного прогноза погоды и анализа атмосферных процессов WRF. Используемые форматы данных. Расчетный модуль AWR системы WRF.

Выбор участка и использование вложенных расчётных сеток. Система дискретизации и основные принципы выбора и построения рабочего домена для численного моделирования атмосферных процессов.

Тема 6. Практическое использование системы WRF.

Компиляция и сборка системы WRF. Программный код системы. Адаптация для работы под Windows (на примере виртуальных машин). Анализ других компьютерных систем. Основные преимущества и недостатки использования.

Тема 7. Применение подсеточных параметризаций при проведении расчетов погоды численными методами

Подсеточные микрофизики. Численное моделирование температурного режима земной поверхности и приповерхностного слоя атмосферы в системе WRF. Оценка температурного режима, связанного с процессами переноса солнечного излучения и воздушных масс в атмосфере. Понятие теплового баланса поверхности. Роль радиационных процессов. Моделирование процессов приземного слоя атмосферы в системе WRF. Образование крупномасштабных осадков и пограничный слой.

Тема 8. Системы постпроцессорной обработки и визуализации результатов расчета.

Возможности представления результатов численного моделирования атмосферных процессов. Постпроцессорная обработка (общие сведения). Использование сценарного языка NCL для обработки и анализа данных в системе WRF. Система VAPOR. Разработка сценариев для визуализации и статистической обработки результатов численного моделирования.

Тема 9. Верификация моделей и валидация результатов численного моделирования

Верификация моделей. Погрешность результатов. Валидация результатов моделирования. Методы статистики, применяемые при анализе численных расчетов атмосферных процессов. Численный и статистический анализ результатов прогнозирования. Оправдываемость реального и модельного прогноза погоды. Программный продукт MET.

Тема 10. Использование орбитальных наблюдений для валидации численных моделей

Метеорологические спутники Земли. Геостационарные спутники. Орбитальные спутники. Типы приборов МИСЗ. Получение метеопараметров по спутниковым данным. Использование спутниковой информации для валидации численных моделей. EUMETSAT.

Тема 11. Прогноз погоды с применением численных моделей

Понятие прогноза погоды. Методы прогноза. ВМО. Типы прогноза погоды. Прогноз погоды по срочности. Контактные наблюдения за атмосферой. Система наукастинга. Комплексное использование методов прогноза погоды. Ансамблевые прогнозы погоды. Температурный профиль атмосферы.

Тема 12. Совместное использование метеорологических и гидрологических численных моделей

Гидрологические модели. Возможности совместного использования гидрологических и атмосферных численных моделей на примере систем WRF и GSFLOW. Оценка возможности использования прогнозных данных системы WRF для анализа возможных осадков, температурного режима и т.п. в рабочем домене программ PRMS и GSFLOW.

Анализ работы и обсуждение перспектив развития систем численного моделирования метеорологических и гидрологических процессов. Постановка научных проблем.

Тема 13. Проблемы и перспективы развития численного анализа атмосферных процессов

Проблемы численного анализа атмосферных процессов. Проблемы воспроизведения изменения климата. Проблемы повышения оперативности и оценка точности прогноза. Прогноз и траекторный анализ опасных атмосферных явлений различных пространственных и временных масштабов в системе WRF.

Перспективы развития численного моделирования. Ансамблевый и детерминистический методы численного прогноза погоды. Неопределенность моделей. Стохастическая параметризация. Надежность и разрешающая способность модели.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением дистанционных технологий

№ п/п	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Кол-во часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7		9
1.	Современное состояние теории и практики численных методов моделирования, анализа и прогноза погоды	2	-	-	4			Устный опрос, отчет по лабораторной работе
2	Физика численного моделирования атмосферных процессов	2	-	-	2		2 (ДО)	Устный опрос, отчет по письменному индивидуальному заданию
3	Орбитальные методы исследования атмосферных процессов, параметров атмосферы и подстилающей поверхности	2	-	-	4			Устный опрос, отчет по лабораторной работе

4	Виды численных моделей. Моделирование атмосферных процессов различных масштабов	4	-	-	4			Устный опрос, отчет по лабораторной работе
5	Модель численного прогноза мезомасштабных атмосферных явлений wrf .	2	-	-	6		2 (ДО)	Устный опрос, отчет по письменному индивидуальному заданию
6	Практическое использование системы wrf	2	-	-	4			Устный опрос, отчет по лабораторной работе
7	Применение подсеточных параметризаций при проведении расчетов погоды численными методами	2	-	-	6			Устный опрос, отчет по лабораторной работе
8	Системы постпроцессорной обработки и визуализации результатов расчета	2	-	-	4			Устный опрос, отчет по лабораторной работе
9	Верификация моделей и валидация результатов численного моделирования	4	-	-	4			Устный опрос, отчет по лабораторной работе
10	Использование орбитальных наблюдений для валидации численных моделей	2	-	-	4			Устный опрос, отчет по лабораторной работе

11	Прогноз погоды с применением численных моделей	4	-	-	2			Устный опрос, отчет по лабораторной работе
12	Совместное использование метеорологических и гидрологических численных моделей	4	-	-	2			Устный опрос, отчет по лабораторной работе
13	Проблемы и перспективы развития численного анализа атмосферных процессов.	4	-	-			4 (ДО)	Устный опрос, отчет по письменному индивидуальному заданию

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Андерсон Р.К. Использование изображений со спутников в анализе и прогнозе погоды./ под ред. Р.К.Андерсона и Н.Ф.Вельтищева.// Техн. записка ВМО – Л.,Гидрометеиздат, 1984 – 275 с.
2. Аргучинцев В.К. Динамика атмосферы – Иркутск: 2006. – 130 с.
3. Бакулин П.И. Курс общей астрономии/ И.П. Бакулин, Э.В. Кононович, В.И Мороз. – М.: Наука, 1977 – 545 с.
4. Вельтищев Н.Ф., Степаненко В.М. Мезометеорологические процессы – М.: 2006. – 104 с.
5. Гандин Л.С. Объективный анализ метеорологических полей. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 288 с.
6. Герман М.А. Космические методы исследования в метеорологии – Л., Гидрометеиздат, 1985 – 352 с.
7. Говердовский В.Ф. Космическая метеорология с основами астрономии : [Учеб. для вузов по направлению "Гидрометеорология", специальности "Метеорология"] / В. Ф. Говердовский; Рос. гос. гидрометеорол. ин-т. – СПб.: РГГМИ, 1995. – 216 с.
8. Использование спутниковой информации в синоптической практике /под ред.Н.П. Леонова.// Метод. Пособие- Моск. отд. Гидрометеиздата,1982
9. Калинин Н.А., Толмачева Н.И. Практикум по космическим методам исследований в метеорологии. – Пермь, изд. Пермского университета, 2003 – 235 с.
10. Кондратьев К.Я. Спутниковая климатология – Л.,Гидрометеиздат, 1986 – 263 с.
11. Кронберг П. Дистанционное изучение Земли – М.: Мир, 1988 – 351с.
12. Крэкнелл А.П. Дистанционное зондирование в метеорологии, океанографии и гидрологии – М.: Мир, 1984 – 547 с.
13. Лекции по численным методам краткосрочного прогноза погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1969.– С. 637–700.
14. Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – С.5-365.
15. Руководство по использованию спутниковых данных в анализе и прогнозе погоды / Под ред. И.П. Ветлова, Н.Ф. Вельтищева. - Л.: Гидрометеиздат, 1987.
16. Симакина Т.Е. Получение и обработка спутниковых снимков. Учебное пособие. – СПб.: РГГМУ, 2010. –127 с.
17. Груздов В. В. Новые технологии дистанционного зондирования Земли из космоса / В. В. Груздов [и др.]. - Москва : Техносфера, 2019. - 482 с.

Перечень дополнительной литературы

18. Analysis and Use of Meteorological Satellite Images. First Edition. Meteorological Satellite Center – Japan Meteorological Agency, 2002.
19. Барашкова Н.К. Атмосферные процессы: динамика, численный анализ, моделирование / Н.К. Барашкова, Л.И. Кижнер, И.В. Кужевская./ Учебное пособие. – Томский государственный университет. – Томск, 2010.
20. Венский институт геодинамики, концептуальные модели синоптических спутниковых систем, теория и описание отдельных случаев – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zamg.ac.at> – Режим доступа 13.04.2020
21. Д.Л. Лайхтман. Динамическая метеорология. – Л., Гидрометеиздат, 1976 – 606 с.
22. Данные ИСЗ Терра и Аква – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ecmwf.int/products/forecasts/d/charts/monitoring/satellite/airs> – Режим доступа 13.04.2020
23. Марчук Г.И. Облака и климат/ Г.И. Марчук и др. – Л., Гидрометеиздат, 1986 – 512 с.
24. Матвеев Л. Т. Физика атмосферы. – СПб.: Гидрометеиздат, 2000 – 752 с.
25. Научно-исследовательский Центр мониторинга Земли из Космоса– [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ntzomz.ru>– Режим доступа 13.04.2020
26. Физическая метеорология: Учебник/ Б.А. Семенченко. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 415 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для диагностики знаний студентов рекомендуется использовать следующие средства и формы контроля:

- устный опрос (в т.ч. проверка гидрологической номенклатуры);
- отчет по лабораторной работе;
- отчет по письменному индивидуальному заданию.

Оценка за ответы на лекциях (опрос) и семинарских занятиях может включать в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики и т.д.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Численный анализ атмосферных процессов» учебным планом предусмотрен экзамен.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование оценки за текущую успеваемость:

устный опрос – 30%

отчет по лабораторной работе – 50 %;

отчет по письменному индивидуальному заданию – 20 %.

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов (Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г.)

2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ от 31.03.2020 г. № 189-ОД)

3. Критериев оценки знаний студентов (Письмо министерства образования от 22.12.2013 г.).

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 2. Физика численного моделирования атмосферных процессов. (2ч/ДО)

Задание 1. Выделить физические процессы, которые используются при численном анализе атмосферы. Дать характеристику каждому из процессов. Найти связи между ними.

Задание 2. Привести основные физические переменные, являющиеся основой численных моделей атмосферы различных масштабов (характеристики, приборы для измерений и единицы измерений).

Задание 3. Практика исследования физических переменных для численного анализа (метеостанция, орбитальные системы, базы данных, карты пространственного распределения и сезонных изменений и т.д.).

Форма контроля – устный опрос, отчет по письменному индивидуальному заданию.

Тема 5. Модель численного прогноза мезомасштабных атмосферных явлений WRF. (2ч/ДО)

Задание 1. Проанализировать модель численного прогноза мезомасштабных атмосферных явлений WRF и возможности ее использования на территории Беларуси.

Задание 2. Схематично представить блоки численной модели и динамические ядра.

Задание 3. Разработать сценарии NCL визуализации приземной температуры воздуха и температуры поверхности для работы с выходными файлами системы WRF.

Задание 4. Возможности использования модели для анализа климатических процессов на территории Беларуси и близлежащих государств.

Задание 5. Привести перечень моделей, которые используются для численного анализа атмосферных процессов.

Форма контроля – устный опрос, отчет по письменному индивидуальному заданию.

Тема 13. Проблемы и перспективы развития численного анализа атмосферных процессов. (4ч/ДО)

Задание 1. Развитие численных моделей по схеме «вчера-сегодня-завтра».

Задание 2. Привести список проблем развития численного анализа в мире и на территории Беларуси.

Задание 3. Пути решения этих проблем

Задание 4. Перспективы развития численного моделирования в Беларуси.

Форма контроля – устный опрос, отчет по письменному индивидуальному заданию.

Примерная тематика лабораторных занятий

Лабораторная работа № 1. Современное состояние теории и практики численных методов моделирования, анализа и прогноза погоды

Лабораторная работа № 2. Физика численного моделирования атмосферных процессов

Лабораторная работа № 3. Орбитальные методы исследования атмосферных процессов, параметров атмосферы и подстилающей поверхности

Лабораторная работа № 4. Виды численных моделей. Моделирование атмосферных процессов различных масштабов

Лабораторная работа № 5. Модель численного прогноза мезомасштабных атмосферных явлений wrf . (Экскурсия в НИИЦ МО БГУ).

Лабораторная работа № 6. Практическое использование системы wrf

Лабораторная работа № 7. Применение подсеточных параметризаций при проведении расчетов погоды численными методами

Лабораторная работа № 8. Системы постпроцессорной обработки и визуализации результатов расчета

Лабораторная работа № 9. Верификация моделей и валидация результатов численного моделирования

Лабораторная работа № 10. Использование орбитальных наблюдений для валидации численных моделей

Лабораторная работа № 11. Прогноз погоды с применением численных моделей

Лабораторная работа № 12. Совместное использование метеорологических и гидрологических численных моделей

Лабораторная работа № 13. Проблемы и перспективы развития численного анализа атмосферных процессов.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход**, который предполагает:

- освоение содержание образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

При организации образовательного процесса **используются методы и приемы развития критического мышления**, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимании информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

При организации образовательного процесса **используется метод группового обучения**, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов по учебной дисциплине «Численный анализ атмосферных процессов» организуется в соответствии с Методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы студентов (курсантов, слушателей), утвержденных Министерством образования 18.11.2019 г.

Управляемая самостоятельная работа может проводиться в форме аудиторных занятий, согласно утвержденному графику, а также на образовательном портале БГУ LMS Moodle.

Задания для УСР по учебной дисциплине составлены с учетом возрастания их сложности. В процессе выполнения самостоятельной работы студентам предлагаются задания для самопроверки и самоконтроля.

Содержание управляемой самостоятельной работы студентов и формы контроля отражены также в учебно-методической карте и графиках самостоятельной работы, утвержденных кафедрой на учебный семестр. Оценивание результатов управляемой самостоятельной работы студентов осуществляется с учетом особенностей форм контроля. Средняя отметка за выполнение заданий по управляемой самостоятельной работе является компонентом системы рейтингового оценивания учебных достижений студентов в рамках текущей аттестации по дисциплине.

К основным видам внеаудиторной самостоятельной работы по учебной дисциплине «Численный анализ атмосферных процессов» относятся подготовка к лабораторным занятиям, аудиторному контролю учебной-самостоятельной работы, учебно-исследовательская деятельность.

Основными средствами организации самостоятельной работы являются изучение учебной и справочной литературы, применение информационно-коммуникационных технологий. Контроль внеаудиторной самостоятельной работы осуществляется на лабораторных занятиях, семинарах, при проведении индивидуальных консультаций, а также при оценивании публичных выступлений.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Современное состояние теории и практики анализа и прогноза погоды.
2. Физические основы численного моделирования погоды и климата. Общая характеристика типов применяемых моделей.
3. Наземные методы исследования параметров атмосферы, земной поверхности и метеорологических явлений.
4. Орбитальные методы исследования атмосферных процессов, параметров атмосферы и подстилающей поверхности.

5. Общая характеристика основных наблюдаемых метеорологических явлений. Понятие о временных и пространственных масштабах атмосферных процессов.
6. Моделирование атмосферных процессов различных масштабов. Связь между пространственными и временными масштабами при выборе моделей различных типов.
7. Процессы глобальной циркуляции атмосферы и океана. Современные глобальные модели анализа и прогноза атмосферных процессов.
8. Региональные модели краткосрочного и среднесрочного прогноза погодных явлений.
9. Проблемы долгосрочного прогноза погоды. Обобщенные модели процессов атмосферы и океана.
10. Погода и климат. Проблемы прогноза изменений климата. Общая характеристика климатических моделей.
11. Моделирование атмосферных процессов среднего масштаба. Основные принципы разработки детерминистических моделей погоды.
12. Классификация и общая характеристика атмосферных процессов среднего (мезо) и малого (микро) масштабов. Связь пространственных и временных масштабов погодных явлений.
13. Использование данных глобальных моделей в качестве начальных и граничных условий мезомасштабных моделей. Система GFS, форматы данных, работа с архивом.
14. Микрофизические процессы. Понятие процессов и явлений, «подсеточных» для основного (мезо) масштаба.
15. Модель численного прогноза мезомасштабных атмосферных процессов WRF (Общая характеристика, характерные особенности и отличия).
16. Математическая модель атмосферы и земной поверхности в системе WRF. Понятие рабочего домена. Вертикальная координата.
17. Картографические проекции в системе WRF. Принципы их использования.
18. Понятие сплошной среды. Физическая и математическая модели сплошной среды. Атмосфера как сплошная среда.
19. Система уравнений мезомасштабной модели WRF (Общая характеристика).
20. Уравнения динамики атмосферы.
21. Переменные Лагранжа и Эйлера.
22. Силы, действующие в атмосфере.
23. Уравнение непрерывности.
24. Уравнение состояния атмосферного воздуха.
25. Фазовые переходы и состояния воды в атмосфере.
26. Радиационные процессы в атмосфере и на подстилающей поверхности.
27. Структура и рабочие модули системы WRF (Общая характеристика).
28. Методика проведения расчетов в системе WRF. Форматы данных.

29. Основные принципы выбора рабочего домена. Выбор пространственного и временного масштабов расчета.
30. Программы «пре-процессной» подготовки данных расчета (система WPS). Промежуточные файлы обмена данных между модулями системы WRF.
31. Приемы работы с файлом namelist.wps.
32. Файл geog. Работа программы geogrid.exe.
33. Работа с архивными файлами системы GFS. Программа ungrib.exe.
34. Работа программы metgrid.exe.
35. Методика проведения расчета в системе WRF (Общие положения).
36. Управление параметрами расчета. Работа с файлом namelist.input.
37. Виды микрофизических моделей, применяемых в системе WRF.
38. Основные правила использования микрофизик.
39. Микрофизики облачности
40. Микрофизики осадков
41. Микрофизики радиационных процессов
42. Микрофизики приповерхностного слоя атмосферы. Конвективные процессы.
43. Микрофизики почвенного слоя
44. Понятие о начальных и граничных условиях расчета. Работа с программой real.exe.
45. Файлы протоколирования и контроля.
46. Распараллеливание процессов вычисления (Общая характеристика).
47. Визуализация результатов численного моделирования в системе WRF.
48. Формат результирующих файлов. Общая характеристика формата netCDF.
49. Визуализация помощью командного процессора ncl.
50. Основные стандартные сценарии ncl.
51. Диагностические сценарии ncl.
52. Приемы анализа барических образований (циклонов).
53. Анализ струйных течений.
54. Краткосрочный прогноз погодных явлений в системе WRF.
55. Оценка «оправдываемости» прогнозов.
56. Проблемы долгосрочного прогноза погодных явлений. Общее понятие об ансамблевых методах прогноза.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Моделирование гидрологических и метеорологических процессов	Общего землеведения и гидрометеорологии	Нет	Изменений не требуется (протокол № 9 от 16.03.2021 г.)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
на ____/____ учебный год**

№ Пп	Дополнения и изменения	Основание

Заведующий кафедрой

к.г.н., доцент
(степень, звание)

(подпись)

Ю.А. Гледко

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

к.г.н. доцент
(степень, звание)

(подпись)

Д.М. Курлович