МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Институт экологии и природопользования





подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Моделирование средней атмосферы

Направление подготовки: 05.04.04 - Гидрометеорология

Профиль подготовки: Моделирование атмосферных процессов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: <u>очное</u> Язык обучения: <u>русский</u>

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Содержание

- 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
- 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
- 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
- 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
- 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
- 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
- 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
- 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
- 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
- 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
- 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
- 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
- 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
- 12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
- 13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
- 14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
- 15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем



Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) Гурьянов В.В. (кафедра метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, отделение природопользования), Vladimir.Guryanov@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр	Расшифровка
компетенции	приобретаемой компетенции
	Понимание принципов, определяющих разномасштабные процессы и явления в атмосфере, океане и водах суши, умение применять методы и технологии гидрометеорологического прогнозирования, основанных на эмпирических, статистических аналоговых и динамических подходах для анализа и прогнозирования их состояния

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- Знать основные этапы численного прогноза погоды и схемы параметризации процессов подсеточного масштаба.
- Знать современные физико-математические модели атмосферы и основы конечно-разностных и спектральных методов решения уравнений гидродинамики атмосферы.

Должен уметь:

- Уметь анализировать результаты численного прогнозирования гидрометеорологических полей с учетом различных схем параметризаций физических процессов.
- Уметь использовать приобретенные знания для оценки эффективности современных физико-математических моделей атмосферы и проводить их классификацию.

Должен владеть:

- Владеть навыками применения современных компьютерных технологий к исследованию результатов численного прогнозирования погоды в среде (в среде Visual Basic for Application, R, Python, GrADS и др.).
- Владеть практическими навыками использования параметризаций физических процессов при постановке численных экспериментов с моделями атмосферы, включая мезометеорологические модели.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.03.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 05.04.04 "Гидрометеорология (Моделирование атмосферных процессов)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 27 часа(ов), в том числе лекции - 4 часа(ов), практические занятия - 22 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 45 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 семестре.

- 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
- 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)



			Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-
N	Разделы дисциплины / модуля			в эл.	Практи- ческие занятия, всего	ческие	Лабора- торные работы, всего	торные	
1.	Тема 1. Теоретические основы моделирования средней атмосферы. Уравнения гидротермодинамики атмосферы. Блоки решений уравнений динамики атмосферы.	3	1	0	6	0	0	0	7
2.	Тема 2. Параметризация процессов подсеточного масштаба. Современное состояние описания процессов подсеточного масштаба.	3	1	0	6	0	0	0	15
	Тема 3. Иерархия численных моделей погоды и климата. Модели общей циркуляции атмосферы. Региональные модели. Вихреразрешающие модели.	3	1	0	6	0	0	0	8
	Тема 4. Моделирование средней и верхней атмосферы. Перспективы развития глобальных и региональных моделей атмосферы.	3	1	0	4	0	0	0	15
	Итого		4	0	22	0	0	0	45

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Теоретические основы моделирования средней атмосферы. Уравнения гидротермодинамики атмосферы. Блоки решений уравнений динамики атмосферы.

Основные уравнения. Параметризация процессов подсеточного масштаба. Общая структура глобальных, региональных и мезомасштабных систем моделирования гидрометеорологических процессов. Мезомасштабные модели прогноза погоды. Мезомасштабная модель WRF. Мезомасштабная модель COSMO-RU. Ансамблирование результатов гидрометеорологического моделирования. Получение и визуализация результатов гидрометеорологического моделирования.

В 1904 г. В.Бьеркнес указал, что для описания атмосферных процессов можно использовать систему 7 уравнений гидротермодинамики с 7 неизвестными:

- закон сохранения трехмерного момента (3 скалярных уравнения движения);
- закон сохранения массы сухого воздуха;
- уравнение состояния идеального газа;
- закон сохранения энергии;
- уравнения для сохранения влажности во всех ее фазах.

Эта система уравнений содержит в качестве своего решения не только медленные синоптические процессы, но и быстрые гравитационные и звуковые волны. Поэтому соответствующая конечно-разностная схема требует или небольшого шага по времени или исключения этих волн.

Базовая спектральная модель атмосферы основана на системе уравнений гидротермодинамики бароклинной атмосферы. Система уравнений состоит из уравнений движения, гидростатики, неразрывности, притока тепла, переноса влаги, диагностических соотношений для вертикальной составляющей скорости ветра. Для определения входящих в правые части уравнений источников тепла и влаги, (явно моделью не разрешаемых в силу своих пространственных масштабов) используется совокупность физических параметризаций подсеточных процессов: переноса радиации, конвекции, турбулентности, осадкообразования, процессов на подстилающей поверхности.



Лишь около десятка стран в мире развивают собственные технологии моделирования глобальной атмосферы (США, Англия, Канада, Франция, Япония, Германия, Австралия, Китай и Россия). Действительно, физика атмосферных процессов достаточно сложна и не до конца изучена (особенно процессы в облаках). Из-за ограниченности вычислительных ресурсов пространственное разрешение таких моделей недостаточно для прямого полного описания некоторых процессов (например, глубокой конвекции), поэтому такие процессы необходимо описывать параметрически, зная лишь характеристики атмосферы на масштабе характерного размера ячейки сетки (в настоящее время порядка 10 км по горизонтали). Разработка полного набора таких параметризаций является очень трудоемкой задачей, поэтому получила распространение научная кооперация в этой области. Описание динамики атмосферных процессов, которые могут быть явно описаны на такой сетке, тоже имеет свои особенности (например, вычислительная и параллельная эффективность). Таким образом, для развития и поддержки разработки таких моделей требуются усилия специалистов различного профиля.

В этом разделе мы коротко рассматриваем специфические численные методы аппроксимации по пространству и времени, используемые в блоках решения уравнений динамики в моделях атмосферы. Система трехмерных уравнений, которую аппроксимируют эти методы, представляет собой осредненные уравнения Навье-Стокса (уравнения Рейнольдса) на вращающейся сфере с дополнительным уравнением переноса водяного пара. Вклады от параметризаций процессов подсеточного масштаба составляют правые части этой системы, которая приводится во многих учебниках.

Тема 2. Параметризация процессов подсеточного масштаба. Современное состояние описания процессов подсеточного масштаба.

Особенности локального прогноза погоды. Построение модели пограничного слоя атмосферы, расчет характеристик атмосферной турбулентности и конвекции. Учет состояния подстилающей поверхности.

Если шаг сетки по горизонтали более 10 км, то можно в третьем скалярном уравнении движения (обозначения общепринятые) оставить только градиент давления и силу тяжести, т.е. перейти к гидростатическому приближению.

Так как остальные уравнения не упрощаются, то модель атмосферы, описываемая такой системой принято называть квазигидростатической. Показано, что квазигидростатичность сохраняет правильное описание медленных атмосферных процессов, но позволяет устранить (отфильтровать) внутренние акустические волны и несколько исказить внутренние гравитационные волны, особенно распространяющиеся в горизонтальном направлении.

Если шаг сетки по горизонтали менее 10 км, то третье скалярное уравнение движения необходимо использовать без упрощений, в этом общем случае модель атмосферы принято называть негидростатической. Современные системы оперативного мезомасштабного прогноза погоды используют негидростатические модели атмосферы, в то время как системы оперативного глобального прогноза погоды пока в основном используют квазигидростатические модели атмосферы.

Классификация мезометеорологических процессов. Процессы и явления, относящиеся к α-мезомасштабу, β-мезомасштабу, γ-мезомасштабу. Физическая и аэросиноптическая природа образования мезомасштабных явлений. Возникновение кучевых облаков, местных циркуляций, конвективных явлений и т.д.

С успешным развитием мезомасштабного моделирования, глобальный численный прогноз стал поставщиком граничных условий для моделей с более высокой пространственной детализацией по ограниченным территориям, вырабатывающих прогнозы на меньшие сроки. Глобальные модели являются прогностическими блоками глобальных систем усвоения данных метеорологических наблюдений, необходимых для выработки полей первого приближения для этих систем. Прогностическая информация на нижней границе атмосферы является необходимой составляющей для получения информации для систем прогноза и анализа деятельного слоя океана. Таким образом, функционирование и развитие глобальных численных моделей является залогом успешного функционирования всего технологического комплекса численного прогнозирования крупных прогностических центров.

Параметризация подсеточной турбулентности; микрофизических процессов; параметризация приземного и пограничного слоёв; радиационных потоков; процессов на поверхности и в почве; атмосферной конвекции.

В модель ARW можно включить 4 варианта задания (расчета) коэффициентов горизонтальной (Kh) и вертикальной (Kv) турбулентностей. Первый вариант предусматривает простое задание пользователем постоянных значений Kh и Kv. Во втором варианте производится расчет только горизонтальной турбулентности по горизонтальной деформации с использованием замыкания первого порядка по Смагоринскому. В третьем варианте используется трехмерное замыкание по Смагоринскому. В четвертом варианте в определение коэффициентов обмена входит турбулентная кинетическая энергия (ТКЭ), которая отыскивается замыканием порядка 1,5. С формой записи уравнения ТКЭ, а также алгоритмами всех параметризаций подсеточной турбулентности можно познакомиться в работе Скамароха и др. Следует отметить, что при включении в модель параметризаций пограничного слоя, где также рассчитываются Кv, расчет Kv по при- веденным выше алгоритмам блокируется и используется значение Kv, рассчитанное с помощью используемой параметризации пограничного слоя, которая распространяется в части Kv на всю область. Параметризации микрофизических процессов являются общими для моделей ARW и NMM. Имеется возможность использовать 9 различных параметризаций с различной степенью учета гидрометеоров в жидкой и твердой фазах и соответствующих микрофизических процессов. Из-за ограниченного объема здесь будут даны лишь краткие описания параметризаций.

Параметризация Кесслера.



Тема 3. Иерархия численных моделей погоды и климата. Модели общей циркуляции атмосферы. Региональные модели. Вихреразрешающие модели.

В настоящее время ведущие прогностические центры используют для глобального среднесрочного прогноза численные гидродинамические модели с горизонтальным разрешением 13-30 км. В табл. 1 приведены данные о характеристиках вычислительных систем и глобальных моделей среднесрочного прогноза погоды, применяемых по состоянию на 01 января 2015 года в мире по данным Рабочей группы по численному экспериментированию Всемирной метеорологической организации (WGNE WMO)

[https://www.wmo.int/pages/about/sec/rescrosscut/documents/wgne_table_2015_v4.xls].

В настоящее время в Европе метеослужбы разделились на несколько групп для эксплуатации и усовершенствования оперативных систем мезомасштабного прогноза погоды:

ALADIN (Aire Limitée Adaptation dynamique Développement InterNational) - основой являются разработки метеослужбы Франции; внутри группы ALADIN страны центральной Европы (Австрия, Венгрия, Румыния, Словакия, Словения, Чешская республика, Хорватия) создали подгруппу LACE (Limited Area modelling in Central Europe) с региональным центром в Праге [11];

COSMO (COnsortium for Small-scale MOdelling) - основой являются разработки метеослужбы Германии [7,12]; HIRLAM (High Resolution Limited Area Model) - основой являются совместные разработки метеослужб скандинавских стран и Испании, при этом с самого начала создания этой группы Франция принимает участие на уровне научных разработок [10, 13].

На основании проверки качества краткосрочного прогнозирования сильных осадков и ветров у поверхности земли моделями WRF-ARW и WRF-NMM на материалах лета 2008 г. можно сформулировать следующие основные выводы. 1. Обе модели достаточно хорошо воспроизводят мезомасштабные структуры течений, связанные к глубокой конвекцией, но обнаруживают одни и те же недостатки. Переоценивается количество сильных осадков и занимаемая ими площадь. Последнее вытекает косвенно из заметного превышения процента ложных тревог по отношению к проценту не оправдавшихся прогнозов. Недооценивается скорость сильных ветров, и не оправдавшиеся прогнозы преобладают над ложными тревогами, т.е. зоны сильных ветров достаточно часто моделями не воспроизводятся. 2. Перечисленные выше недостатки в большей степени присущи модели NMM. 3. Недостатки прогнозов обусловлены, по крайней мере частично, достаточно грубой для разрешения глубокой конвекции сеткой (3 км). Это неизбежно приводит к смещению частот модельных объектов в сторону их более низких значений. Переход на более мелкие сетки (500-1000 м) может повысить качество прогноза сильных осадков и ветров. 4. Для автоматизированной оценки качества прогнозов опасных явлений, имеющих большую пространственно-временную изменчивость, необходимо создание объектно-ориентированных методик оценки численных прогнозов погоды.

Тема 4. Моделирование средней и верхней атмосферы. Перспективы развития глобальных и региональных моделей атмосферы.

В последние годы глобальные модели атмосферы развиваются по следующим направлениям. Во-первых, происходит постепенное стирание границ между моделями, предназначенными для численного прогноза погоды, и моделями, предназначенными для моделирования изменений климата. В рамках этого процесса модели обогащаются новыми либо усовершенствованными параметризациями процессов подсеточного масштаба. Во-вторых, в ряде ведущих центров осуществляются проекты по замене блоков решения уравнений динамики атмосферы (разрешаемой явно на данной сетке). В рамках этих проектов также реализуется программная инфраструктура моделей, способная адаптироваться к перспективным архитектурам вычислительных систем. Действительно, в атмосфере не существует искусственных временных границ, разделяющих мезомасштабные, синоптические, сезонные и межгодовые масштабы. Глобальная модель атмосферы, ориентированная на прогноз в некотором временном диапазоне, должна воспроизводить процессы всех временных масштабов. В этом заключается идея бесшовного прогноза, впервые сформулированная в 2005 году [35]. Часто это влечет за собой необходимость подключения к модели атмосферы новых моделей компонент Земной системы (океана, морского льда, деятельного слоя почвы, малых газовых составляющих и т. д.). Ведущие прогностические центры - Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды, метеослужба Великобритании уже в ближайшие годы планируют применять совместные модели атмосферы, океана, морского льда для среднесрочного прогноза погоды (см. табл. 2). Отметим, что развитие систем бесшовного прогноза в настоящее время является одной из главных задач Всемирной метеорологической организации

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:



Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts - - http://www.ecmwf.int/ Grid Analysis and Display System (GrADS) - - http://opengrads.org/ Реанализ NCEP/NCAR - - http://www.esrl.noaa.gov/research/

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)



Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий по курсу "Моделирование атмосферы" обучаемый должен вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. В ходе изучения курса особое значение имеют рисунки, схемы и поэтому в конспекте лекции рекомендуется делать все рисунки, сделанные преподавателем на доске, или указанные в наглядном пособии. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. Приступая к подготовке по теме, необходимо соотнести формулировку темы с определяемой целью, подобрать нужную литературу из списка основных и дополнительных источников, необходимую для занятий. Нужно внимательно прочитать Содержание темы, которое включает основные теоретические понятия, осознание и понимание которых необходимо в ходе занятия уяснить, все ли слова понятны, какие требуют дополнительных разъяснений и комментариев. Если такие имеются, нужно обратиться за разъяснением к преподавателю в начале занятия.
практические занятия	Прохождение всего цикла практических занятий является обязательным для получения допуска студента к зачету. В случае пропуска занятий пропущенное занятие подлежит отработке. В ходе практических занятий студент под руководством преподавателя выполняет комплекс практических заданий, позволяющих закрепить лекционный материал по изучаемой теме, научиться выполнять наблюдения, их камеральную обработку, статистическую обработку полученных данных, научиться работать с методиками, руководящими документами, информацией различного уровня. В ходе подготовки к практическим занятиям изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. В процессе подготовки к занятиям рекомендуется взаимное обсуждение материала, во время которого закрепляются знания, а также приобретается практика в изложении и разъяснении полученных знаний. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю, при этом, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения. Заканчивать подготовку следует составлением плана по изучаемым материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам. Теоретическая часть работы выполняется по установленным темам с использованием практических материалов. К каждой теме рекомендуется примерный перечень узловых вопросов, список необходимой литературы. Излагая вопросы темы, следует строго придерживаться плана. При выполнении практической работы необходимо подготовить и обработать исходный материал; следуя рекомендациям по выполнению работы провести необходимые процедуры и расчеты; проанализировать полученные результаты и составить окончательный отчет.



Вид работ	Методические рекомендации
самостоя- тельная работа	К организации самостоятельной работы, на которую отводится значительное количество часов, особенно по сравнению с аудиторной, нужно подходить с особой ответственностью. Внеаудиторная СРС проводится без непосредственного контроля со стороны преподавателя и, следовательно, требует тщательной подготовкой. Организация СРС по дисциплине отражается в учебной программе; конкретные виды работы обозначены в тематическом планировании. Выполнение самостоятельной работы поможет студентам в усвоении программного материала и в успешном проведении контрольных мероприятий. Записи имеют первостепенное значение для самостоятельной работы студентов. Они помогают понять построение изучаемого материала, выделить основные положения, проследить их логику и тем самым проникнуть в творческую лабораторию автора. Ведение записей способствует преращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со эрительной и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенню важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе. Изучение дисциплины " Моделирование атмосферы " предусматривает проведение систематической самостоятельной работы (СРС) студентами, связанной с проработкой конспектов лекций; изучением основных и дополнительных вопросов из перечия рекомендованной основной и дополнительной литературы; завершением выполнения практических заданий начатых в аудитории и анализом полученных результатов; составлением выполнения практических заданий начатых в аудитории и анализом полученных результатов; составлением выполнения практических заданий начатых в аудитории и анализом полученных ими на лекциях, развитие навыков самостоятельного поиска нужных литературных источников. При подготовкой к контрольным работы, начачение ученым пособиям, чтобы найти пути для последующё работы, обновить имеющиеся у студенты к сустемы на начачение нав
экзамен	Экзамен служит формой проверки успешного выполнения студентами лабораторных и курсовых работ, усвоения учебного материала практических занятий, а также формой проверки прохождения производственной и учебной практик и выполнения в процессе этих практик всех учебных поручений в соответствии с утвержденной программой. В отдельных случаях экзамены могут устанавливаться как по дисциплинам в целом, так и по отдельным их частям. При подготовке к зачету и экзамену по учебной дисциплине следует руководствоваться рабочей программой, что позволит четко представить круг вопросов, подлежащих изучению. Необходимым условием успешного изучения данной дисциплины является свободное владение студентами основными понятиями, а главное, умение комплексно использовать их для анализа конкретной практической ситуации. Приобретение глубоких знаний предполагает эффективное использование различных видов учебной
	работы: лекционных и практических занятий, консультаций, самоподготовки. Зачеты проводятся по билетам или без билетов. Порядок проведения зачета определяется кафедрой. Примерный перечень вопросов приводится в рабочей программе. Более тщательной подготовкой к экзамену или зачету по соответствующей части учебной дисциплины следует признать проработку всех пунктов содержания рабочей программы. При подготовке к экзамену: - лучше сразу сориентироваться во всем материале и обязательно расположить весь материал согласно экзаменационным вопросам (или вопросам, обсуждаемым на семинарах), эта работа может занять много времени, но все остальное - это уже технические детали. Сама подготовка связана не только с 'запоминанием'. Подготовка также предполагает и переосмысление материала, и даже рассмотрение альтернативных идей. Главный смысл подготовки - это систематизация и оптимизация знаний по данному предмету. Сначала студент должен продемонстрировать, что он 'усвоил' все, что требуется по программе обучения (или по программе данного преподавателя), и лишь после этого он вправе высказать иные, желательно аргументированные точки зрения.



10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 05.04.04 "Гидрометеорология" и магистерской программе "Моделирование атмосферных процессов".



Приложение 2 к рабочей программе дисциплины (модуля) Б1.В.ДВ.03.02 Моделирование средней атмосферы

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 05.04.04 - Гидрометеорология

Профиль подготовки: Моделирование атмосферных процессов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: <u>очное</u> Язык обучения: <u>русский</u>

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Основная литература:

- 1.Кислов, А. В. Климатология: учебник / А.В. Кислов, Г.В. Суркова. 3-е изд., доп. Москва : ИНФРА-М, 2023. 324 с. (Высшее образование: Бакалавриат). DOI 10.12737/19028. ISBN 978-5-16-015194-6. Текст : электронный. URL: https://znanium.com/catalog/product/1922319 (дата обращения: 13.11.2022). Режим доступа: по подписке.
- 2.Пиловец, Г. И. Метеорология и климатология: учебное пособие / Г.И. Пиловец. Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2022. 399 с.: ил. (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-006463-5. Текст: электронный. URL: https://znanium.com/catalog/product/1860852 (дата обращения: 13.11.2022). Режим доступа: по подписке.
- 3.Мешалкин, В. П. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем: учебное пособие / В. П. Мешалкин, О. Б. Бутусов, А. Г. Гнаук. Москва: ИНФРА-М, 2020. 357 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-16-009747-3. Текст: электронный. URL: https://znanium.com/catalog/product/1111403 (дата обращения: 13.11.2022). Режим доступа: по подписке.
- 4. Ясовеев, М. Г. Методика геоэкологических исследований: учебное пособие / М.Г. Ясовеев, Н.Л. Стреха, Н.С. Шевцова. Москва: ИНФРА-М, 2021. 292 с. (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-16-009534-9. Текст: электронный. URL: https://znanium.com/catalog/product/1407938 (дата обращения: 13.11.2022). Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

- 1. Калинин Н.А. Динамическая метеорология: учебное пособие / Н.А. Калинин Пермь: Издательство Пермского университета, 2009. 260 с. (Фонд кафедры метеорологии, климатологии и экологии атмосферы 25 экз.).
- 2. Христофорова, Н. К. Основы экологии : учебник / Н. К. Христофорова. 3-е изд., доп. Москва : Магистр : ИНФРА-М, 2022. 640 с. (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 978-5-9776-0272-3. Текст : электронный. URL: https://znanium.com/catalog/product/1844290 (дата обращения: 13.11.2022). Режим доступа: по подписке.
- 3. Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов : учебное пособие / Н.Г. Чикуров. Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2022. 398 с. (Высшее обра-зование: Бакалавриат). DOI: https://doi.org/10.12737/5753. ISBN 978-5-369-01167-6. Текст : электронный. URL: https://znanium.com/catalog/product/1225064 (дата обращения: 13.11.2022). Режим доступа: по подписке.
- 4. Ярушкина, Н. Г. Интеллектуальный анализ временных рядов: учебное пособие / Н.Г. Ярушкина, Т.В. Афанасьева, И.Г. Перфильева. Москва: ИД 'ФОРУМ': ИНФРА-М, 2022. 160 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-8199-0496-1. Текст: электронный. URL: https://znanium.com/catalog/product/1842559 (дата обращения: 13.11.2022). Режим доступа: по подписке.



Приложение 3 к рабочей программе дисциплины (модуля) Б1.В.ДВ.03.02 Моделирование средней атмосферы

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 05.04.04 - Гидрометеорология

Профиль подготовки: Моделирование атмосферных процессов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: <u>очное</u> Язык обучения: <u>русский</u>

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебныки, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

