

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт экологии и природопользования



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Е.А. Турилова

17 февраля 2023 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Методы математического моделирования и прогноза гидрометеорологических процессов

Направление подготовки: 05.03.04 - Гидрометеорология

Профиль подготовки: Цифровая метеорология: анализ и прогноз климатических рисков

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

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 компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-4	Владение теоретическими основами и практическими методами отбора и систематизации гидрометеорологической информации в целях оценки и прогнозирования состояния окружающей среды, оценки влияния гидрометеорологических факторов на состояние окружающей среды, жизнедеятельность человека и отрасли хозяйства.

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основные этапы численного прогноза погоды и схемы усвоения метеорологической информации; современные физико-математические модели атмосферы, методы параметризации физических процессов и необходимую для этого оперативную метеорологическую информацию.

Должен уметь:

- анализировать результаты численного прогнозирования гидрометеорологических процессов и полей и визуализировать прогностическую информацию; использовать приобретенные знания для получения оперативной гидрометеорологической информации, необходимой для численного моделирования и прогноза погоды.

Должен владеть:

- навыками применения современных компьютерных технологий к исследованию результатов математического моделирования и методами усвоения метеорологической информации; практическими навыками использования параметризаций физических процессов при математическом моделировании атмосферы и подходами к обоснованному применению оперативных метеорологических данных для решения задач моделирования атмосферы и прогноза погоды.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.04.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 05.03.04 "Гидрометеорология (Цифровая метеорология: анализ и прогноз климатических рисков)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 7 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 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 53 часа(ов), в том числе лекции - 26 часа(ов), практические занятия - 26 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 55 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 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)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Тема 1. Квазигидростатические и негидростатические модели атмосферы. Система уравнений гидротермодинамики бароклинической атмосферы.	7	4	0	4	0	0	0	10
2.	Тема 2. Тема 2. Описание численной схемы модели WRF. Использование вложенных сеток.	7	2	0	2	0	0	0	7
3.	Тема 3. Тема 3. Параметризации подсеточной турбулентности. Параметризации микрофизических процессов. Расчет радиационных потоков, включая длинноволновую и коротковолновую радиацию.	7	6	0	7	0	0	0	12
4.	Тема 4. Тема 4. Параметризации пограничного слоя. Параметризации приземного слоя. Параметризации процессов на поверхности и в почве. Параметризации конвекции.	7	8	0	8	0	0	0	14
5.	Тема 5. Тема 5. Прогноз опасных явлений для различных типов синоптических процессов.	7	2	0	3	0	0	0	4
6.	Тема 6. Тема 6. Оценка современного состояния математического моделирования в атмосфере с использованием мезомасштабных негидростатических моделей.	7	4	0	2	0	0	0	8
	Итого		26	0	26	0	0	0	55

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Тема 1. Квазигидростатические и негидростатические модели атмосферы. Система уравнений гидротермодинамики бароклинической атмосферы.

Квазигидростатические и негидростатические модели атмосферы

Крупномасштабные гидродинамические модели атмосферы.

Мезомасштабные модели атмосферы.

Структура прогностической системы WRF-NMM.

Основной практической целью глобального гидродинамического прогноза погоды является получение расчетной информации о развитии атмосферных процессов над крупными территориями (полушарием) на несколько суток вперед для дальнейшей синоптической и статистической интерпретации. Помимо этого, 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.

Система уравнений гидротермодинамики бароклинической атмосферы

Учет условия негидростатичности (наличие вертикальных ускорений в уравнении движения для вертикальной скорости w)

Как известно, еще 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.

Тема 2. Описание численной схемы модели WRF. Использование вложенных сеток.

Описание численной схемы модели WRF.

Получение вспомогательных и промежуточных полей с использованием явных схем.

Расчет окончательных полей с использованием неявных схем.

Использование вложенных сеток.

Расчеты в модели ARW производятся в параллелепипеде, основание которого касается сферической Земли, а оси декартовых координат в точке касания ориентированы по меридиану и кругу широты. Расчеты могут производиться на серии вложенных сеток. Вложения могут выполняться только в горизонтальной плоскости, поэтому по вертикали область расчетов должна быть одинаковой на всех сетках. Вложения должны быть ориентированы точно так же, как и материнская сетка и, наконец, шаг каждой дочерней сетки должен быть в целое число раз меньше, чем шаг родительской сетки. Имеется также возможность решения задачи на подвижной сетке. Так же, как и в модели MM5, в ARW используется подход с расщеплением по времени. Медленные или низкочастотные моды, связанные с процессом переноса, интегрируются с использованием схемы Рунге-Кутты третьего порядка по времени (PK3), а высокочастотные акустические моды, связанные с процессом адаптации полей давления и скорости, интегрируются с меньшим шагом по времени для сохранения вычислительной устойчивости. Интегрирование с расщеплением по времени аналогично предложенному в работе Клемпа и Вильгельмсона [35]. Схема PK3 с расщеплением по времени описана в общем виде в работе Викера и Скамароха. В ARW она модифицирована применительно к этой координате и потоковой форме уравнений, а также с учетом записи переменных в форме возмущений для акустического компонента при расщеплении по времени. Интегрирование акустической моды сделано в виде коррекции к интегрированию методом Рунге-Кутты. Процедура интегрирования на малом (?акустическом?) шаге по времени довольно подробно изложена в работах Клемпа и др., Викера и Скамароха и Скамароха и др.. Для пространственной дискретизации используется сетка C по классификации Аракавы.

Тема 3. Параметризации подсеточной турбулентности. Параметризации микрофизических процессов. Расчет радиационных потоков, включая длинноволновую и коротковолновую радиацию.

Параметризации подсеточной турбулентности в моделях WRF-ARW и WRF-NMM.

Расчет коэффициентов турбулентного обмена.

Задание постоянных значений коэффициентов горизонтального и вертикального обмена.

Расчет горизонтальной турбулентности по горизонтальной деформации с использованием замыкания первого порядка по Смагоринскому.

Трехмерное замыкание по Смагоринскому для расчета коэффициентов турбулентного обмена по горизонтали и вертикали.

Определение коэффициентов обмена с использованием турбулентной кинетической энергии.

Параметризации микрофизических процессов

Параметризация Кесслера.

Параметризация Линя

Параметризации WSM3, WSM5 и WSM6

Образование облачного льда

Образование снега

Образование граупелей

Образование дождя

Конденсация водяного пара и испарение облачности.

Расчет радиационных потоков, включая длинноволновую и коротковолновую радиацию

Длинноволновая радиация. Схема RRTM. Схема GFDL.

Коротковолновая радиация. Схема Дудья. Схема Eta GFDL. Поглощение озоном.

Поглощение водяным паром.

В моделях ARW и NMM имеется возможность выбрать 3 алгоритма для расчета потоков длинноволновой радиации и 3 алгоритма для расчета коротковолновой радиации. Ниже будут применяться сокращения и обозначения алгоритмов, которые используются в описаниях ARW и NMM, а также в Руководствах по их использованию.

Длинноволновая радиация. При расчетах длинноволновой радиации можно воспользоваться алгоритмами RRTM, GFDL и CAM. Первый из них является сокращением от Rapid Radiative Transfer Model. Он был предложен в работе Млоуэра и др. Второй является сокращением от Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, так как он предложен в серии работ Фелса и Шварцкопфа, являющихся сотрудниками Лаборатории геофизической гидродинамики (GFDL) NOAA. Третий алгоритм был разработан в NCAR для климатической модели общего пользования CAM (Community Atmosphere Model).

Коротковолновая радиация. Для расчета потоков коротковолновой радиации в моделях ARW и NMM предлагается 3 алгоритма: схема MM5 (Дудья), схема Eta GFDL и схема CAM NCAR. Описание схемы Дудья имеется в работе автора, описание схемы Eta GFDL - в работе Лациса и Хансена, а схемы CAM - в работе Коллинса и др..

Тема 4. Тема 4. Параметризации пограничного слоя. Параметризации приземного слоя. Параметризации процессов на поверхности и в почве. Параметризации конвекции.

Параметризации пограничного слоя.

Параметризация MRF.

Параметризация университета Ёнсей (YSU)

Параметризация Меллора-Ямады-Янича (MYJ)

В моделях ARW и NMM может быть выбрано 4 параметризации пограничного слоя, дающие вертикальные турбулентные потоки количества движения, тепла и влаги. Первая из параметризаций называется MRF, поскольку она была заимствована из глобальной модели среднесрочного прогноза NCEP MRF (Medium Range Forecast). Вторая параметризация именуется YSU (Yonsei State University в Южной Корее). Третья параметризация носит название MYJ (Mellor-Yamada- Janjic) по ее авторам. Четвертая параметризация называется ACM2 (Asymmetrical Convective Model, версия 2). Ниже будет дана краткая информация о каждой из этих параметризаций.

Параметризации приземного слоя.

Схема подобия MM5.

Схема подобия Eta (или Янича)

Схема подобия GFS.

В параметризации приземного слоя рассчитываются потоки количества движения (или напряжения τ), доступного тепла H и потоки влаги (или скрытого тепла E) с использованием тех или иных подходов к расчетам соответствующих коэффициентов обмена. Потоки τ , H и E используются как в параметризациях пограничного слоя, так и в схемах подстилающей поверхности и почвы. В настоящее время в моделях WRF каждая схема приземного слоя связана с определенными схемами пограничного слоя и с определенными моделями подстилающей поверхности и почвы. В дальнейшем их предполагается сделать универсальными. При описании модели ARW и модели NMM указывается различное число моделей приземного слоя.

Параметризации процессов на поверхности и в почве.

Пятислойная модель термической диффузии

Модель Noah

Перенос тепла

Перенос влаги

Представление снега и льда.

Параметризации конвекции

Схема Беттса-Миллера-Янича

Схема Каина - Фритша. Формулировка области восходящих движений.

Расчет возбуждающей функции

Формулировка потока массы

Гипотеза замыкания.

Пользователям моделей ARW и NMM предоставляются следующие возможности: не использовать параметризации конвекции или использовать следующие схемы: Каина-Фритша, Беттса-Миллера-Янича, ансамбль Грела-Дэвени и Грела 3d.

Тема 5. Тема 5. Прогноз опасных явлений для различных типов синоптических процессов.

Прогноз опасных явлений для различных типов синоптических процессов.

К опасным метеорологическим явлениям (ОЯ) относятся явления погоды, которые интенсивностью, продолжительностью и временем возникновения представляют угрозу безопасности людей, а также могут нанести значительный ущерб отраслям экономики.

На основании приведенного ниже типового (примерного) перечня опасных явлений территориальные управления гидрометслужбы (УГМС) составляют уточненный с учетом местной специфики перечень опасных явлений для своей территории обслуживания.

Последние десятилетия широкое распространение получили гидродинамические методы прогноза погоды. Достигнуты значительные успехи в разработке гидродинамических моделей для прогноза полей основных метеовеличин, особенно в свободной атмосфере. Однако успешность прогноза мезо-масштабных и локальных гидрометеорологических явлений с помощью численных моделей во многих случаях остается недостаточно высокой. В то же время, последние десятилетия лишь незначительное число научных исследований было посвящено вопросам развития синоптического анализа и прогноза погоды, в частности - краткосрочного прогноза опасных явлений и неблагоприятных погодных условий (далее по тексту - ОЯ).

Тема 6. Оценка современного состояния математического моделирования в атмосфере с использованием мезомасштабных негидростатических моделей.

Оценка современного состояния математического моделирования в атмосфере с использованием мезомасштабных негидростатических моделей.

Использование мезомасштабных моделей для расчета переноса примеси в пограничном слое атмосферы.

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 с 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.

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 №14-55-99бин/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)

ВМО - -

http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=more_results&mode=keyword&user_query=Environmental+Pollution+Monitoring+and+Research

Консультант Плюс (база данных) -

http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=home&utm_csourc=online&utm_cmedium=button

Моделирование мезомасштабных атмосферных процессов - - <http://www.inm.ras.ru/laboratory/direct3.htm>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>В ходе лекционных занятий по курсу Методы математического моделирования и прогноза гидрометеорологических процессов 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.</p> <p>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.</p>
практические занятия	<p>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.</p> <p>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 приобретает практика в изложении и разъяснении полученных знаний. При необходимости следует обращаться за консультацией к преподавателю, при этом, необходимо хорошо продумать вопросы, которые требуют разъяснения.</p> <p>Заканчивать подготовку следует составлением плана по изучаемому материалу (вопросу). Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам.</p> <p>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.</p>

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>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 подготовки. Организация СРС по дисциплине отражается в учебной программе; конкретные виды работы обозначены в тематическом планировании.</p> <p>Выполнение самостоятельной работы поможет студентам в усвоении программного материала и в успешном проведении контрольных мероприятий.</p> <p>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 превращению чтения в активный процесс, мобилизует, наряду со зрительной и моторную память. Следует помнить: у студента, систематически ведущего записи, создается свой индивидуальный фонд подсобных материалов для быстрого повторения прочитанного, для мобилизации накопленных знаний. Особенно важны и полезны записи тогда, когда в них находят отражение мысли, возникшие при самостоятельной работе.</p> <p>Изучение дисциплины Методы математического моделирования и прогноза гидрометеорологических процессов предусматривает проведение систематической самостоятельной работы (СРС) студентами, связанной с проработкой конспектов лекций;</p> <p>изучением основных и дополнительных вопросов из перечня рекомендованной основной и дополнительной литературы;</p> <p>завершением выполнения практических заданий начатых в аудитории и анализом полученных результатов;</p> <p>составлением и оформлением отчетов;</p> <p>подготовкой к контрольным работам, зачету или экзамену;</p> <p>проработкой учебных вопросов для самоконтроля.</p> <p>Основной целью организации СРС является систематизация и закрепление знаний, полученных ими на лекциях, развитие навыков самостоятельного поиска нужных литературных источников.</p> <p>При подготовке к СРС в первую очередь, необходимо обратиться к курсу лекций по данному вопросу и основным учебным пособиям, чтобы найти пути для последующей работы, обновить имеющиеся у студента знания.</p> <p>В ходе СРС студенты закрепляют теоретические основы дисциплины, приобретают навыки поиска дополнительной научной информации, овладевают навыками анализа.</p> <p>Самостоятельная работа с учебными пособиями, научной и методической литературой является наиболее эффективным методом получения основных и дополнительных знаний по дисциплине, активизирует процесс овладения научной информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. СРС предполагает также обращение студентов к словарям, справочникам, энциклопедиям и Интернет ресурсам, что также способствует пониманию и закреплению пройденного материала.</p>
экзамен	<p>Экзамен предусматривает следующую цель:</p> <p>оценить знания студента по предмету, их прочность, развитие творческого мышления.</p> <p>приобретенные навыки самостоятельной работы, умение синтезировать полученные знания и применять их на практике и т.п. Курсовые экзамены по всей дисциплине или ее части имеют цель оценить теоретические знания студента, его способность к творческому мышлению, приобретенные им навыки самостоятельной работы, умение синтезировать полученные знания и применять их к решению практических задач.</p> <p>Готовиться к экзаменам необходимо в течение всего учебного времени, т.е. с первого дня очередного семестра: вся работа студента на лекциях, практических занятиях, консультациях, а также написание рефератов и выполнение контрольных работ и т.п. - это и есть этапы подготовки студента к зачетам и экзаменам.</p> <p>Подготовка к сессии должна быть нацелена не столько на приобретение новых знаний, сколько на закрепление ранее изученного материала и его повторение. Сумму полученных знаний студенту перед сессией надо разумно обобщить, привести в систему, закрепить в памяти, для чего ему надо использовать учебники, лекции, консультации, курсовые работы, рефераты и т.п., а также методические пособия и различного рода руководства.</p> <p>Повторение необходимо производить по разделам, темам.</p> <p>Экзамен проводится по билетам. Примерный перечень вопросов приводится в рабочей программе.</p> <p>Помимо теоретических вопросов билетов на экзамене может включать в себя практическую ситуацию, которую студент должен будет разрешить при ответе на билет.</p>

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.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

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 05.03.04 "Гидрометеорология" и профилю подготовки "Цифровая метеорология: анализ и прогноз климатических рисков".

*Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.04.02 Методы математического моделирования и
прогноза гидрометеорологических процессов*

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 05.03.04 - Гидрометеорология

Профиль подготовки: Цифровая метеорология: анализ и прогноз климатических рисков

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Основная литература:

1. Бутусов, О. Б. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем : учебное пособие / О.Б. Бутусов, В.П. Мешалкин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2024. - 374 с. - (Высшее образование). - DOI 10.12737/1477254. - ISBN 978-5-16-016994-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1477254> (дата обращения: 09.11.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. Пиловец, Г. И. Метеорология и климатология : учебное пособие / Г. И. Пиловец. - Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2023. - 399 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-006463-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2023162> (дата обращения: 09.11.2023). - Режим доступа: по подписке.
3. 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: 09.11.2023). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. 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: 09.11.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. 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.).
3. Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов : учебное пособие / Н. Г. Чикуров. - Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2022. - 398 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-01167-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1225064> (дата обращения: 09.11.2023). - Режим доступа: по подписке.
4. Ярушкина, Н. Г. Интеллектуальный анализ временных рядов : учебное пособие / Н. Г. Ярушкина, Т. В. Афанасьева, И. Г. Перфильева. - Москва : 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: 09.11.2023). - Режим доступа: по подписке.

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.04.02 Методы математического моделирования и
прогноза гидрометеорологических процессов*

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

Направление подготовки: 05.03.04 - Гидрометеорология

Профиль подготовки: Цифровая метеорология: анализ и прогноз климатических рисков

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

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 учебники, 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.