

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
РУКОВОДЯЩИХ РАБОТНИКОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ»
(ФГБОУ ДПО «ИПК»)

УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ДПО «ИПК», к.г.н.
А.Г.Тимофеева

Учебный модуль
«Методы кратко-, средне- и долгосрочного прогнозирования погоды.
ГИС-технологии»

Цель: повышение теоретических и практических знаний в прогнозировании явлений погоды, в том числе опасных и неблагоприятных, освоение современных технологий численного прогноза и их использование в прогнозировании погоды

Категория слушателей: специалисты УГМС, ЦГМС

Срок обучения: 144 учебных часа

Режим занятий: 6-8 часов в день

Форма обучения: очная, с отрывом от производства, дистанционная

Аннотация

Разработка и внедрение новых и современных технологий по усвоению, обработке и анализу метеорологической информации, новых моделей и методов прогнозов метеорологических величин, развитие численных прогнозов требует от специалистов и прогнозистов применять эти методы в практике.

Учебный модуль «Методы кратко-, средне- и долгосрочного прогнозирования погоды, ГИС-технологии» рассчитан на повышение теоретических и практических знаний начальников и синоптиков Гидрометцентров, отделов метеорологических прогнозов, научных сотрудников и других специалистов в прогнозировании погоды, в том числе опасных и неблагоприятных явлений, влияния их на хозяйственную деятельность, безопасность проживания населения.

Модуль составлен с учетом последних достижений в области метеорологии и смежных с ней отраслей знаний. Курс состоит из лекционных и практических занятий. Предусматривается самостоятельная работа и подготовка реферативной работы по одной из рекомендуемых тем. Общая продолжительность обучения составляет 140 учебных часов. Рекомендованный режим обучения 6-8 часов в день. В конце занятий проводится итоговое собеседование.

При подготовке к занятиям рекомендуется использовать информацию с сайтов Гидрометцентра России (www.meteoinfo.ru, www.metod.meteorf.ru), ИПК Росгидромета (<http://ipk.meteorf.ru>)

Учебный модуль разработан д.г.н., профессором Чичасовым Г.Н. и с.н.с. СибНИГМИ Ворониной Л.А. Рассмотрен и одобрен на заседании Ученого совета ФГБОУ ДПО «ИПК».

Учебно-тематический план

| N п/п | Наименование разделов, дисциплин и тем | Количество часов | | |
|----------|--|------------------|-----------------------------------|----------|
| | | всего | распределение по видам занятий | |
| | | | лекции | практика |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Самоподготовка в системе СДО Росгидромета | 20 | | |
| 2 | Характеристика общей циркуляции, тепловой баланс атмосферы. Основы термодинамики атмосферы | 8 | 8 | |
| 2 | Краткосрочные (12-72 часа) и среднесрочные (4-10 суток) прогнозы погоды | 24 | 20 | 4 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|-----|----|----|
| 4 | Современные технологии численного прогноза погоды (ЧПП) | 32 | 32 | |
| 5 | Использование данных ИСЗ при составлении прогнозов погоды. Новые программные комплексы, позволяющие дешифровать информацию с ИСЗ | 8 | 8 | |
| 6 | Долгосрочные прогнозы погоды и долгопериодные колебания климата | 4 | 16 | 8 |
| 7 | Автоматизированные технологии обработки и визуализации метеорологической информации для целей прогноза погоды (ПК «ГИС-Метео», «Прометей», «Изограф») | 24 | 8 | 16 |
| 8 | Итоговая аттестация | 2 | | |
| | Итого | 140 | 92 | 28 |

Календарно-тематический план

| N п/п | Наименование разделов, дисциплин и тем | Количество часов | | |
|----------|---|------------------|-----------------------------------|----------|
| | | всего | распределение по видам занятий | |
| | | | лекции | практика |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Самоподготовка в системе СДО Росгидромета | 20 | | |
| 2 | Основные характеристики общей циркуляции, пространственные и временные масштабы атмосферных процессов. Система уравнений гидродинамики атмосферы. Теоретические основы анализа и прогноза атмосферных процессов. | 8 | 8 | |
| 3 | Краткосрочные (12-72 часа) и среднесрочные (4-10 суток) прогнозы погоды | 24 | 20 | 4 |
| 3.1 | Технология составления сверхкраткосрочного (0-12 часов) и краткосрочного (12-72 часа) прогноза погоды. | 16 | 13 | 3 |
| 3.1.1 | Барические системы и планетарные высотно-фронтальные зоны. Прогноз возникновения, эволюции и перемещения барических образований и фронтальных зон. Пространственная структура атмосферных фронтов. | 4 | 4 | |
| 3.1.2 | Упорядоченные вертикальные движения воздуха, использование их в анализе барических полей и фронтальных зон. Использование данных радиозондирования атмосферы в прогнозе погоды. Аэрологическая диаграмма. | 4 | 3 | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|--|----|----|---|
| 3.1.3 | Синоптические условия возникновения и методы прогноза осадков (обложных, конвективных), опасных конвективных явлений (грозы, града, ливней, шквалов, смерчей), тумана и гололедно-изморозевых явлений, ветра, метелей и пыльных бурь. | 6 | 4 | 2 |
| 3.1.4 | Терминология и оценка прогнозов погоды общего пользования, предупреждений об опасных и неблагоприятных метеорологических явлениях. Анализ неоправдавшихся прогнозов. | 2 | 2 | |
| 3.2 | Технология составления среднесрочного прогноза погоды (4-10 суток). | 8 | 7 | 1 |
| 3.2.1 | Состояние и методология составления среднесрочных прогнозов погоды. Естественный синоптический период (ЕСП). Стационарные, блокирующие процессы. | 4 | 4 | |
| 3.2.2 | Метод подбора аналога. Использование продукции детерминированного глобального численного прогноза для анализа и прогноза крупномасштабной циркуляции, выявления и прогнозирования смены типов циркуляции (ЕСП) на срок 4-10 суток. | 4 | 3 | 1 |
| 4 | Современные технологии численного прогноза погоды (ЧПП). | 32 | 32 | |
| 4.1 | Что лежит в основе численного прогноза погоды? Модель атмосферы, процессы, включенные в модель атмосферы. Масштаб явлений и ограничения атмосферного моделирования. | 8 | 8 | |
| 4.2 | Технология глобального и регионального ЧПП. Глобальные модели и их успешность. Технология ансамблевого ЧПП. Технологии объективной интерпретации результатов моделирования. Использование детерминированного глобального численного прогноза полей $H500$ и P_0 для анализа и прогноза крупномасштабной циркуляции, выявления и прогнозирования смены типов циркуляции (ЕСП) на срок 4-10 суток. | 8 | 8 | |
| 4.3 | Прогнозирование по ограниченной территории с высоким разрешением. Мезомасштабное региональное моделирование. Распространение продуктов регионального моделирования. Синоптическая интерпретация результатов регионального мезомасштабного моделирования. | 8 | 8 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|--|------------|-----------|-----------|
| 4.4 | Настоящее и будущее современных систем гидродинамического мезомасштабного прогноза погоды на примере системы COSMO-RU. | 8 | 8 | |
| 5 | Использование данных ИСЗ при составлении прогнозов погоды. Новые программные комплексы, позволяющие дешифровать информацию с ИСЗ. | 8 | 8 | |
| 6 | Долгосрочные прогнозы погоды и долгопериодные колебания климата. | 16 | 16 | |
| 7 | Автоматизированные технологии обработки и визуализации метеорологической информации для целей прогноза погоды (ПК «ГИС-Метео», «Прометей», «Изограф»). | 24 | 8 | 16 |
| 8 | Итоговая аттестация | 2 | | |
| | Итого | 140 | 92 | 28 |

Содержание модуля

Характеристика общей циркуляции атмосферы: суша-океан-атмосфера, Тепловой баланс атмосферы. Значение океана в поддержании теплового баланса и циркуляции атмосферы. Основы термодинамики атмосферы. Система уравнений гидродинамики атмосферы. Газовые законы применительно к атмосфере. Теоретические основы анализа и прогноза атмосферных процессов. Пространственные и временные масштабы атмосферных процессов.

Общие понятия об упорядоченных вертикальных движениях. Вертикальные движения воздуха, формулы расчета вертикальных движений. Конвективные вертикальные движения. Аэрологическая диаграмма и ее использование для вычисления различных термогигрометрических характеристик атмосферы и анализа стратификации.

Технология составления сверхкраткосрочного (0-12 часов) и краткосрочного (12-72 часа) прогноза погоды. Прогноз возникновения, эволюции и перемещения барических образований. Регенерация циклонов и антициклонов. Планетарные высотно-фронтальные зоны (ПВФЗ). Пространственная структура атмосферных фронтов. Анализ атмосферных фронтов, их перемещение и эволюция (возникновение, обострение, размывание). Методика построения траекторий воздушных частиц.

Синоптические и статистические методы прогноза метеорологических величин:

- прогноз осадков (фронтальных, внутримассовых); прогноз и условия возникновения конвективных явлений: ливней, гроз, града, шквалов, смерчей;

- условия образования и прогноз туманов и гололедно-изморозевых явлений;

- факторы, влияющие на изменение температуры воздуха (адвективные, трансформация, приток тепла, вертикальные движения), прогноз минимальной и максимальной температуры воздуха, условия возникновения и прогноз заморозков;

- прогноз ветра в приземном слое и на высотах; определение градиентного ветра; учет влияния на ветер силы трения, суточного хода температуры воздуха, стратификации; местные ветры;

- синоптические условия возникновения и прогноз метелей и пыльных бурь.

Методика анализа причин неоправдавшихся прогнозов барического поля и прогнозов погоды. Терминалогия и оценка прогнозов погоды общего пользования, предупреждений об опасных и неблагоприятных метеорологических явлениях.

Общие сведения о работе метеорологических радиолокаторов, использование данных МРЛ и ДМРЛ при составлении прогнозов погоды, опасных явлений (гроз, ливней, града, шквалов). Ознакомление с работой автоматизированного комплекса «осадки» в Крылатском.

Использование данных ИСЗ при составлении прогнозов погоды. Основы дешифрирования ТВ и ИК снимков. Яркость и текстура изображения облачных объектов. Определение основных генетических форм облаков, нахождение линий шквалов и градообразующих облаков, особенности дешифрирования низкой облачности и облачных полей, состоящих из мелкомасштабных элементов, влияние подстилающей поверхности на образование облачности. Новые программные комплексы, позволяющие дешифрировать снимки облачности ИСЗ с определением формы, высоты облачного массива, температуры на верхней границе облаков и влагосодержанием в них.

Состояние и методология составления среднесрочных прогнозов погоды (4-10 суток). Естественный синоптический период (ЕСП). Средние карты (H500 гПа), сборно-кинематические карты за ЕСП. Метод подбора аналога. Продукция детерминированного глобального численного прогноза. Использование детерминированного глобального численного прогноза полей H500 и P₀ для

анализа и прогноза крупномасштабной циркуляции, выявления и прогнозирования смены типов циркуляции (ЕСП) на срок 4-10 суток.

Современные технологии численного прогноза погоды (ЧПП). Что лежит в основе численного прогноза погоды? Модель атмосферы, процессы, включенные в модель атмосферы. Масштаб явлений и ограничения атмосферного моделирования. Технология глобального и регионального ЧПП. Глобальные модели и их успешность. Технология ансамблевого ЧПП. Технологии объективной интерпретации результатов моделирования.

Мезомасштабное региональное моделирование. Распространение продуктов регионального моделирования. Настоящее и будущее современных систем гидродинамического мезомасштабного прогноза погоды на примере системы COSMO-RU. Синоптическая интерпретация результатов регионального мезомасштабного моделирования.

Долгосрочные прогнозы: на месяц, на сезон. Основные закономерности развития крупномасштабных атмосферных процессов и прогнозы погоды большой заблаговременности. Основные принципы прогнозирования погоды на месяц синоптико-статистическими методами. Метод прогноза средней месячной температуры воздуха и месячного количества осадков. Анализ состояния подстилающей поверхности. Реперные процессы, подбор аналога по ним. Подбор аналогов по особенностям циркуляции в тропосфере и стратосфере. Использование показателей солнечной активности, числа Вольфа и планетарный индекс геомагнитной активности. Восходящие и нисходящие ветви годового хода индексов геомагнитной активности и их связи с возникновением сильных засух. Роль циркуляционных факторов и подстилающей поверхности формировании сильных засух на Европейской территории России и за Уралом. Метод прогноза сильных засух, индексация засух, интенсивность и продолжительность атмосферных засух. Параметр атмосферной засушливости Д.А. Педя.

Статистические методы долгосрочных прогнозов. Методы линейной регрессии и аналогов. Вероятностный и экстраполяционный методы. Применение метода периодических составляющих в долгосрочных прогнозах погоды. Комплексование предсказателей - характерная особенность современных методов прогнозов погоды. Квазидвухлетняя цикличность процессов в атмосфере, ее значение и значение других циклов для долгосрочных прогнозов погоды. Применение обобщенных показателей гидрометеорологических полей и характеристик в долгосрочных прогнозах погоды. Объективная каталогизация

крупномасштабных атмосферных процессов как средство сжатия информации. Кластер-анализ и его применение в долгосрочных прогнозах погоды. Состояние долгосрочного прогнозирования в Национальных метеорологических службах ВМО.

Долгопериодные колебания климата и их учет в долгосрочных прогнозах погоды. Общая характеристика изменений климата. Роль естественных и антропогенных составляющих современных изменений климата. Температура как эквивалент энергетики системы Земля - атмосфера. Анализ изменений приземной температуры воздуха за последнее столетие. Нарастание частоты экстремальных событий как следствие глобального потепления климата. Роль стихийных бедствий и технологических катастроф в непреднамеренных изменениях климата. Оценка тенденций изменений крупномасштабных циркуляционных процессов, температуры воздуха и атмосферных осадков. Результаты учета долгопериодных колебаний климата в численных методах прогнозов погоды.

Автоматизированные технологии обработки и визуализации метеорологической информации для целей прогноза погоды. Программный комплекс (ПК) ГИС-Метео, АРМ-синоптика, возможности ГИС - Метео. Создание бланков карт, формирование расписания приема карт. Построение траектории частицы, проведение фронтального анализа, выделения зон осадков, падения, роста давления на картах. Анализ приземный и барической топографии, методы прогнозов метеорологических величин, информация с ИСЗ в ПК «ГИС-Метео».

Программные комплексы «Прометей» и «Изограф». Автоматизированные рабочие места «Прометей». Использование ПК «Изограф» синоптиком при анализе прогнозов численного моделирования.

Перспективы и совершенствование методов прогнозов погоды.

Темы практических работ

1. Прогноз возникновения барических образований и их эволюция у поверхности Земли и на высотах.
2. Регенерация циклонов и антициклонов. Прогноз перемещения барических образований.
3. Синоптический анализ атмосферных фронтов.
4. Возникновение, обострение и размывания фронтов. Эволюция и перемещение фронтов.

5. Детализация карт погоды данными метеорологических ИСЗ.
6. Зарождение мезомасштабных вихревых систем и их взаимодействие с фронтальными системами синоптического масштаба.
7. АРМ синоптика.

Темы рефератов

1. Мезомасштабные системы мелкой и глубокой конвекции.
2. Мезомасштабная структура фронтов.
3. Нефронтальные мезомасштабные вихри.
4. Орографически возбужденные мезомасштабные системы.
5. Мезомасштабные барьерные эффекты
6. Мезомасштабные подветренные волны и вихри.
7. Мезомасштабные системы, возбужденные термической неоднородной подстилающей поверхностью.
8. Влияние термической неоднородности подстилающей поверхности на распределение слоистообразной облачности и тумана.
9. Перспективы развития краткосрочных прогнозов погоды.
10. Орографические и гравитационные волны и их учет в прогнозах погоды малой заблаговременности.
11. Инициализация начальных данных для целей краткосрочных прогнозов погоды.
12. Метод объективной интерпретации продукции гидродинамических моделей атмосферы для целей среднесрочных прогнозов элементов погоды у земли.
13. Параметризация процессов подсеточного масштаба для обеспечения моделей среднесрочных прогнозов элементов погоды.
14. Система непрерывного усвоения глобальных данных метеорологических наблюдений для целей составления среднесрочных прогнозов элементов погоды.
15. Методы математической статистики, применяемые для интерпретации продукции гидродинамических моделей атмосферы.
16. Современная перспективная методология численной статистической интерпретации результатов расчетов по гидродинамической модели атмосферы.
17. Учет влияния гравитационных волн при составлении прогнозов погоды на средние сроки.
18. Методы прогнозов тумана.

19. Методы прогнозов видимости.
20. Методы прогнозов шквалов.
21. Методы прогнозов поздних весенних заморозков.
22. Методы прогнозов ранних осенних заморозков.
23. Методы прогнозов сильных снегопадов.
24. Методы прогноза метелей.
25. Методы прогноза ливней.
26. Методы прогноза погоды на средние сроки.
27. Перспективы развития среднесрочных прогнозов погоды.
28. Использование обобщенных показателей гидрометеорологических полей и характеристик в задачах прогноза.
29. Аналитическое представление метеорологических полей полиномами Чебышева.
30. Аналитическое представление метеорологических полей эмпирическими ортогональными функциями.
31. Кластер-анализ и его применение в долгосрочных прогнозах погоды.
32. Характеристики атмосферной циркуляции как предикторы.
33. Учет влияния подстилающей поверхности в долгосрочных прогнозах погоды.
34. Солнечная активность и долгосрочные прогнозы погоды.
35. Долгопериодные колебания климата и их учет в прогнозах погоды большой заблаговременности.
36. Методы прогноза сильных засух.
37. Прогноз хода температуры внутри месяца.
38. Современные технологии долгосрочных прогнозов погоды.
39. Современные методы гидродинамических прогнозов большой заблаговременности.
40. Перспективы совершенствования долгосрочных прогнозов погоды.
41. Анализ условий возникновения сильных ветров (на примере штормового явления, наблюдавшегося на юге Краснодарского края 11 ноября 2007 года).

Список литературы

Основная литература

1. Белов П.Н., Борисенков Е.П., Панин Б.Д. Численные методы прогноза погоды. - Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 376 с.
2. Вильфанд Р.М., Тищенко В.М., Хан В.М. Априорное оценивание качества статистических прогнозов хода приземной температуры на основе анализа состояния циркуляции в средней тропосфере // Труды Гидрометцентра России. – 2002. – Вып. 337. – С. 35-46.
3. Вильфанд Р.М., Тищенко В.М., Хан В.М. Результаты исследований по прогнозированию сглаженного хода температуры в течение месяца // Труды Гидрометцентра России. – 2002. – Вып. 337. – С. 25-26.
4. Долгосрочные метеорологические прогнозы / Н.А. Багров, К.В. Кондратович, Д.А. Педь, А.И. Угрюмов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 248 с.
5. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 304 с.

Дополнительная литература

1. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. - 568 с.
2. Материалы в электронном виде на сайте Института (<http://ipk.meteorf.ru>) в разделе «Учебные материалы».