

Министерство образования и науки Российской Федерации

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
по дисциплине

**«СИНОПТИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ»**

Направление подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология

Профиль – Прикладная метеорология

Квалификация (степень) – Бакалавр



Санкт-Петербург

2016

*Рекомендованы учёным советом метеорологического факультета РГГМУ*

*(Протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201\_ г.)*

УДК 551.509.3

Методические указания по дисциплине "Синоптическая метеорология" для бакалавров по направлению подготовки 05.03.05 – «Прикладная гидрометеорология», профиль - «Прикладная метеорология»- СПб.: Изд. РГГМУ, 2016 - 32 с.

Методические указания составлены в соответствии с программой дисциплины "Синоптическая метеорология" для бакалавров по направлению подготовки 05.03.05 – «Прикладная гидрометеорология», профиль подготовки – «Прикладная метеорология». Даются рекомендации по изучению разделов дисциплины. Приводятся рекомендуемая литература, контрольные вопросы для самопроверки по основным разделам курса, контрольные работы по всему курсу синоптической метеорологии и пояснения по их выполнению. Даны указания к выполнению курсового проекта.

Составители:

Граховский Г.Н., канд. геогр. наук, доцент кафедры метеорологических прогнозов, РГГМУ,  
Новикова Н. И., доцент кафедры метеорологических прогнозов., РГГМУ

Ответственный редактор: Дробжева Я.В, д-р физ.-мат. наук, заведующая кафедрой метеорологических прогнозов РГГМУ.

© Граховский Г. Н., 2016

© Новикова Н. И., 2016

© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2016.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

«Синоптическая метеорология» является одной из базовых дисциплин при профессиональной подготовке специалистов-метеорологов. Главная задача дисциплины – изучение фундаментальных закономерностей динамики атмосферных процессов синоптического пространственно-временного масштаба, их погодообразующей роли, современных методов краткосрочных прогнозов погоды. Наглядность синоптического метода обеспечивает формирование цельной картины трехмерной динамики атмосферных процессов и определяемых ими изменений погодных условий. Практическая эффективность используемых в рамках синоптического подхода приемов и методов анализа и прогноза погоды определяет приоритетную роль дисциплины при подготовке кадров для работы в оперативных прогностических подразделениях.

Цель дисциплины «Синоптическая метеорология» – подготовка бакалавров прикладной гидрометеорологии, обучающихся по профилю прикладная метеорология, владеющих знаниями в объеме, необходимом для глубокого понимания погодообразующих атмосферных процессов и разработанных на этой основе современных методов краткосрочных прогнозов погоды, а также практическими навыками, позволяющими использовать эти знания в практической деятельности.

Основными задачами дисциплины являются:

- изучение методов представления и анализа метеорологических данных, являющихся исходными для краткосрочного прогноза погоды;
- изучение закономерностей развития атмосферных процессов синоптического и мезо- масштабов и определяемых ими изменений погоды;
- рассмотрение роли местных физико-географических условий в формировании особенностей в характере погоды и наблюдаемых явлений;
- изучение современных методов краткосрочного прогноза погоды,
- приобретение практических навыков краткосрочного прогнозирования погоды.

Дисциплина изучается всеми студентами, обучающимися по программе подготовки бакалавра на метеорологическом факультете.

### **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

<i>Код компетенции</i>	<i>Компетенция</i>
<b>ОК-1</b>	Способность к логическому мышлению, обобщению, анализу, систематизации профессиональных знаний и умений, а также закономерностей исторического, экономического и общественно-политического развития.
<b>ОК-2</b>	Способность решать стандартные профессиональные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом требований информационной безопасности.
<b>ОПК-2</b>	Способность к проведению измерений и наблюдений, составлению описания проводимых исследований, подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, составлению отчета по выполненному заданию, участию по внедрению результатов исследований и разработок.
<b>ОПК-3</b>	Способность анализировать и интерпретировать данные натуральных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования.
<b>ОПК-4</b>	Способность давать качественную оценку фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возможных рисков и ущербов при наступлении неблагоприятных условий.
<b>ПК-3</b>	Способность прогнозировать основные параметры атмосферы, океана и вод суши на основе проведенного анализа имеющейся информации.

В результате изучения курса «Синоптической метеорологии» студент должен:

**знать:**

- закономерности развития погодообразующих атмосферных процессов различного пространственно-временного масштаба;
- современные методы анализа синоптических процессов;
- физические основы и современное состояние методов краткосрочного прогнозирования синоптических процессов и погоды.

**уметь:**

- пользоваться данными от всех современных источников получения метеоинформации при анализе и прогнозе синоптических процессов и погоды;
- составлять краткосрочные прогнозы погоды, основываясь на комплексном использовании результатов прогнозирования погодных характеристик синоптическими, физико-статистическими и гидродинамическими методами.

– разрабатывать новые физико-статистические методы прогноза опасных явлений погоды.

**владеть:**

– методиками интерпретации данных от всех современных источников метеороинформации при анализе и прогнозе синоптических процессов и погоды;

– методиками составления краткосрочных прогнозов погоды, основываясь на комплексном использовании результатов прогнозирования погодных характеристик синоптическими, физико-статистическими и гидродинамическими методами,

– способами разработки новых физико-статистических методов прогноза опасных явлений погоды.

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Дисциплина «Синоптическая метеорология» изучается студентами дневной формы обучения на III курсе, а заочной формы обучения - на III и IV курсах. Для студентов-заочников предусмотрено самостоятельное освоение большей части курса. На установочной лекции (на сессии II курса) преподаватель указывает, на какие вопросы следует обратить особое внимание, что нужно изучить полностью самостоятельно, а что будет прочитано позже в период экзаменационных сессий III и IV курсов. При заочной форме обучения предусмотрено выполнение четырех контрольных работ. Курсовой проект по синоптической метеорологии выполняется студентами дневной формы обучения на III курсе, а обучающимися заочно - на IV курсе.

Студент-заочник выполняет две контрольные работы на III курсе и столько же на IV курсе.

На третьем курсе заочного обучения прорабатываются разделы "Введение", "Метеорологическая информация и способы ее представления", "Основные характеристики метеорологических полей синоптического масштаба". В разделе "Основные синоптические объекты" рассматриваются воздушные массы и атмосферные фронты,

Первая контрольная работа посвящена составлению синоптических карт (приземных и высотных), анализу полей давления и ветра. Вторая – анализу воздушных масс и атмосферных фронтов.

В период экзаменационной сессии III курса заочного обучения выполняются лабораторные работы, на которых студенты под руководством преподавателя уточняют и закрепляют практические навыки подготовки и анализа аэросиноптических материалов. Верность выполнения заданий и их понимания оценивается при сдаче зачёта по лабораторным работам.

На IV курсе заочного обучения рассмотрением свойств циклонов и антициклонов завершается изучение раздела "Основные синоптические объекты", изучаются также разделы "Принципиальные основы и способы разработки прогностических методов", "Прогноз синоптических объектов" и "Краткосрочный прогноз погоды".

Третья контрольная работа посвящена комплексному анализу и прогнозу синоптического положения. Особое внимание здесь необходимо обратить на анализ условий развития и прогноз эволюции и перемещения циклонов, а также на анализ атмосферных фронтов. В четвертой контрольной работе необходимо составить количественный (расчетный) прогноз общих осадков.

На экзаменационной сессии IV курса (заочное обучение) также предусмотрено выполнение лабораторных работ, посвященных принципиальным основам и способам разработки прогностических методов, применению наиболее распространенных из них в прогностической практике.

Изучение дисциплины завершается экзаменом на сессии IV курса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Воробьев В. И.* Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
2. Практикум по синоптической метеорологии. Руководство к лабораторным работам по синоптической метеорологии и Атлас учебных синоптических материалов. Под редакцией проф. *В. И. Воробьева*. Учебное пособие. — СПб.: Изд. РГГМУ, 2006. – 303 с.
3. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды, ч.1. Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 702 с.
4. *Воробьев В. И.* Основные понятия синоптической метеорологии. Учебное пособие. СПб.: РГГМУ, 2003. – 43 с.
5. *Богаткин О. Г.* Авиационные прогнозы погоды. Учебное пособие. СПб.: Изд. «БХВ –Петербург», 2010. – 284 с.
6. Специализированные прогнозы погоды. Под редакцией проф. *В.И. Воробьева* (ЛГМИ) и доц. *А.И. Кивганова* (ОГМИ). Учебное пособие. Л.: ЛГМИ, 1991. – 112 с.
7. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения. РД 52.27.724-2009. – М. – 34 с.

## УКАЗАНИЯ ПО РАЗДЕЛАМ

### Введение

Введение знакомит с предметом синоптической метеорологии, с её задачами, с синоптическим методом, с основными этапами развития, пройденными этой наукой. Практическая значимость краткосрочных прогнозов погоды и место синоптической метеорологии в подготовке специалистов-метеорологов подчеркивают важность надлежащего освоения дисциплины.

Обратите внимание на то, что суть синоптического метода состоит в анализе динамики синоптических объектов и погодных условий по синоптическим картам, представляющим собой отображение этих объектов и условий над обширной территорией на географической карте. При этом постулируется, что определенные синоптические объекты и их части являются носителями характерных погодных условий с особенностями, определяемыми физико-географическими условиями и сезоном года. Поэтому прогноз погоды базируется на предшествующем ему прогнозе синоптического положения, являющемся прогнозом смещения и эволюции синоптических объектов, их образования и разрушения.

### *Л и т е р а т у р а*

- [1] – Введение,
- [4] – Введение.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Какова основная задача синоптической метеорологии, как научной дисциплины?
2. В чем состоит экономическое и социальное значение метеорологических прогнозов?
3. Каков временной диапазон краткосрочных прогнозов погоды?
4. Укажите пространственный масштаб атмосферных процессов, определяющих изменения погоды?
5. Почему необходимо международное сотрудничество в повседневной работе служб прогноза погоды?
6. С какими историческими периодами в развитии исследований в области прогнозирования погоды связано заметное улучшение качества прогнозов и чем оно было обусловлено?
7. Какие ещё подходы к разработке методов прогноза метеорологических величин и погодных явлений, кроме синоптического, вы можете назвать?

## **Метеорологическая информация и способы ее представления**

В этом разделе рассматривается состав первичной метеорологической информации и основные системы метеорологических наблюдений. Изложены способы её представления в виде, удобном для синоптического анализа и краткосрочного прогноза погоды. Описана система сбора и распространения данных метеорологических наблюдений, а также централизованного комплексного усвоения, архивирования, объективного анализа и прогноза метеорологических полей. Представлены основные виды синоптических карт и других графических материалов, используемые в оперативно-прогностической работе.

Важно обратить внимание на то, что данные метеорологических наблюдений бывают синхронными (срочными) и асинхронными. Данные срочных приземных наблюдений составляют информационную основу карт погоды, а аэрологического зондирования – карт барической топографии. Именно синхронность (одновременность) этих измерений на планете позволяет наносить их на карту, отнесённую к конкретному моменту времени (сроку наблюдений), и сравнивать между собой, анализируя поля метеорологических величин. Асинхронная информация отсутствует на синоптических картах, но она также весьма полезна. Штормовые сообщения, например, фиксируют экстремальные значения метеорологических величин, особые явления погоды и время их возникновения, а вертикальные профили температуры и влажности, получаемые со спутников, незаменимы для малоосвещённых наблюдениями морских акваторий и территорий с редкой наблюдательной сетью.

Существует и нерегулярная эпизодическая первичная информация. Например, наблюдения, осуществляемые ограниченный период временно действующей экспедицией. Эти данные, как правило, не являются оперативными и не предоставляются для информационного обмена.

Со временем количество данных метеорологических наблюдений возрастает, формируются новые системы наблюдений. Например, сформированы системы метеорологических радиолокационных наблюдений, покрывающие территории Северной Америки и Западной Европы. Значительный объём данных о состоянии атмосферы на высотах поступает от датчиков, установленных на пассажирских и грузовых воздушных судах многих стран. Новые виды информации поступают преимущественно от систем непрерывного наблюдения и относятся к асинхронным.

Практически весь информационный поток первичных метеорологических данных усваивается процедурами непрерывного четырёхмерного объективного анализа, реализованными в ведущих прогностических центрах мира.

Поэтому, наряду с традиционными синоптическими картами, все большее значение в повседневной работе прогностических подразделений приобретают результаты объективного анализа и особенно прогноза метеорологиче-



ских полей, поступающие от мировых прогностических центров. По сути, комплект прогностических полей представляет собой прогноз синоптического положения, являющийся основой для прогноза погоды.

Изучите коды для передачи синоптической информации, макет её расположения и символику при нанесении на приземные и высотные карты. Освойте приемы составления и первичного анализа (обработки) этих материалов, а также аэрологических диаграмм и вертикальных разрезов атмосферы. Полезно получить представление о составлении монтажей спутниковых снимков облачности и карт нефанализа, сборных карт наблюдений сети МРЛ.

Кроме того, следует ознакомиться с организацией системы сбора и распространения метеорологической информации, со структурой службы погоды России и Всемирной службы погоды.

#### *Литература*

- [1] – Гл. 1 и 2;
- [2] – Лабораторная работа 1;
- [4] – 1.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Что такое первичная метеорологическая информация, каким общим требованиям она должна удовлетворять? Поясните суть этих требований.
2. Назовите основные системы наблюдений, являющиеся источниками оперативной первичной метеорологической информации.
3. Дайте сравнительную характеристику существующих способов представления метеорологической информации.
4. Охарактеризуйте системы координат, используемые для представления пространственного распределения метеорологических величин и явлений погоды.
5. Какие данные наносятся на приземные карты погоды? Нарисуйте по памяти схему нанесения этих данных для отдельной станции.
6. Поля каких величин анализируются на приземных картах путем проведения изолиний?
7. Каковы принципы выявления и исправления ошибок на картах погоды?
8. Как обозначаются линии атмосферных фронтов на картах погоды?
9. Каковы единицы измерения геопотенциала? В чем различие физического смысла обычных и геопотенциальных высот?
10. Напишите барометрические формулы абсолютного и относительного геопотенциалов. От каких факторов зависит каждый из них?

11. Как связаны горизонтальные градиенты давления и геопотенциала?
12. Как вычислить абсолютные геопотенциальные высоты изобарической поверхности?
13. Что представляют собой карты барической топографии? Каким преимуществом обладают карты абсолютного геопотенциала по сравнению с картами распределения давления на фиксированных высотах?
14. Чему эквивалентно проведение изогипс через 40 геопотенциальных метров на картах абсолютной барической топографии и для относительной топографии поверхностей 500 и 1000 гПа?
15. Назовите стандартные изобарические поверхности и их средние высоты над уровнем моря.
16. Какие данные наносятся на карты барической топографии? Поля каких величин анализируются на каждой из них путем проведения изолиний?
17. На каких картах барической топографии и как обозначаются линии атмосферных фронтов?

### **Основные характеристики метеорологических полей синоптического масштаба**

В этом разделе изучаются основные свойства полей давления, ветра, вертикальных движений, температуры, влажности, облачности и осадков.

При рассмотрении особенностей поля давления следует обратить внимание на классификацию барических систем и дифференциальные характеристики поля давления. Изменения характера погоды определенным образом связаны с изменением атмосферного давления. Различают эволюционные и трансляционные его изменения. Представление о причинах изменения давления во времени даёт анализ уравнивания тенденции.

При изучении поля ветра особое внимание следует обратить на способы расчета градиентного ветра, рассмотреть границы применимости моделей градиентного ветра к скорости и направлению реального ветра у поверхности земли и в свободной атмосфере. Необходимо усвоить распределение направления и скорости ветра в барических системах (циклонах, антициклонах, барических ложбинах и гребнях) у земли и на высотах. При рассмотрении изменения ветра с высотой важно понять причины различий его вертикального изменения в пределах приземного слоя, слоя трения и в свободной атмосфере. Следует обратить внимание на теоретический характер понятия «термический ветер» и на физическую природу его связи с полем относительных геопотенциальных высот, а также на характеристики и причины вертикальных и горизонтальных сдвигов ветра в атмосфере. Важными понятиями являются линии тока и траектории движения. В синоп-

тической практике используется построение траекторий воздушных частиц. При этом могут решаться две обратные задачи:

а) где будет находиться объект (например, барический центр либо участок атмосферного фронта) через определённый период времени при известном поле ветра в этот период (известна начальная точка траектории, нужно найти конечную);

б) откуда сместится в пункт прогноза воздушная частица через определённый период времени при известном поле ветра в этот период (известна конечная точка траектории, нужно найти начальную).

Методы построения таких траекторий различны.

Поля вертикальных движений воздуха играют важную погодообразующую роль. Например, вертикальные движения оказывают влияние на формировании полей облачности и осадков. При изучении этих вопросов следует, прежде всего, обратить внимание на классы вертикальных движений, а также на пространственно-временной масштаб вертикальных движений различных классов. Далее необходимо получить представление о способах расчета конвективных и упорядоченных вертикальных движений.

Изучая поля температуры и влажности, облачности и осадков следует рассмотреть особенности пространственного распределения этих полей, обратить внимание на связь полей температуры с полем давления и ветра, на взаимную связь полей влажности, облачности и осадков, а также на связь этих полей с полями давления и ветра. Важно освоить приёмы графического определения знака термической адвекции по термобарическому полю и расчёта её интенсивности на основании снимаемых по этому полю значений.

### *Литература*

[1] – Гл. 3–9;

[2] – Лабораторная работа 2;

[3] – Гл. 3–4;

[4] – 2.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Перечислите основные барические системы. Нарисуйте схему изобар циклона, антициклона, барических ложбины и гребня, седловины.

2. Как классифицируются барические объекты по степени их вертикального развития?

3. Укажите знаки первых и вторых производных поля давления по горизонтальным координатам в центрах депрессии (циклона), барического максимума (антициклона), на осях ложбин и гребней всех типов. Поясните их физический смысл.

4. Объясните физический смысл каждого из трёх слагаемых уравнения тенденции.

5. Что понимается под трансляционным и эволюционным изменениями давления?

6. В чем заключается барический закон ветра?

7. Как вычислить скорость геострофического ветра?

8. Какие дифференциальные характеристики поля ветра Вы знаете? Каковы их знаки в центрах циклонов и антициклонов, на осях барических ложбин и гребней?

9. Как рассчитывается вертикальный сдвиг ветра?

10. Что отображает спираль Экмана?

11. Какая разница между линиями тока и траекториями частиц воздуха? Изобразите линии тока у поверхности Земли в стационарном циклоне и антициклоне.

12. Что называется термическим ветром, и каков его физический смысл?

13. Какие классы вертикальных движений вы знаете? Каковы пространственно-временные масштабы каждого из них?

14. Какие погодные явления связаны с вертикальными движениями различных классов?

15. Каким образом поле вертикальных движений связано с полями давления и ветра?

16. Какие основные факторы определяют локальные изменения температуры в свободной атмосфере и у земной поверхности?

17. Как определяются адвективные и трансформационные изменения температуры?

18. Чем определяется амплитуда суточного хода температуры?

19. Что такое высотные фронтальные зоны? Каковы градиенты температуры в этих зонах?

20. Какие причины вызывают локальные изменения влажности воздуха в приземном слое и в свободной атмосфере?

21. Какие виды суточного хода влажности приземного воздуха существуют? Как они связаны с состоянием подстилающей поверхности, с облачностью и осадками?

22. Дайте сравнительную характеристику основных особенностей фронтальных и внутримассовых облачных систем.

23. Как классифицируются мезомасштабные и макромасштабные облачные системы, выделяемые на снимках со спутников?

24. Опишите пространственно-временные особенности полей обложных и ливневых осадков.

25. Опишите метеорологические условия возникновения гроз в умеренных широтах.

### **Основные синоптические объекты**

Под основными объектами мы понимаем воздушные массы, атмосферные фронты, циклоны и антициклоны.

При изучении воздушных масс надо, прежде всего, обратить внимание на условия их формирования и трансформацию, лежащие в основе классификации воздушных масс. Следует изучить условия погоды в устойчивых и неустойчивых теплых, холодных и нейтральных воздушных массах.

Вопросы, посвященные атмосферным фронтам, циклонам и антициклонам являются особенно важными, поскольку именно эти синоптические объекты определяют характер погоды на больших территориях.

При изучении атмосферных фронтов следует хорошо усвоить погодные характеристики фронтальных разделов различных типов, знать особенности полей давления, барических тенденций, температуры, ветра, облачности и осадков в зоне фронта. Обратите внимание на обычное несоответствие угла наклона фронтальной поверхности на рисунках действительному углу их наклона. Важно овладеть приемами анализа фронтов, используя синоптические карты, спутниковые изображения, данные МРЛ, результаты численного анализа и прогноза метеорологических полей. Нужно освоить приемы определения скорости перемещения атмосферных фронтов и их будущего местоположения с учетом общей тенденции развития атмосферных процессов вместе со смещением и эволюцией циклонов, с которыми эти фронты связаны.

При рассмотрении вопросов, связанных с высотными фронтальными зонами, следует обратить внимание на их роль в возникновении и эволюции других синоптических объектов, определяющих особенности циркуляции и погоды у земной поверхности, на их классификацию и особенности структуры полей метеорологических величин в их области.

Изучение струйных течений (СТ) следует начать с их классификации, акцентируя внимание на тропосферных СТ, особенно на структуре полей метеорологических величин и явлений в их области. Учитывая большое влияние ветра на взлет и посадку самолетов, не оставьте без внимания раздел учебника [1], касающийся СТ низких уровней.

При рассмотрении вопросов, связанных с циклонами и антициклонами, нужно изучить классификацию и стадии развития этих барических образований. Важно хорошо разобраться в особенностях этих атмосферных вихрей, характерных для различных стадий их развития. Прежде всего, это относится к их термобарической структуре у земли и на высотах, к диспозиции атмосферных фронтов, к структуре поля барических тенденций и к положению

оси струйного течения относительно приземного центра. Следует также знать характер погодных условий в различных частях циклонов и антициклонов соответственно этим стадиям. Изучите условия возникновения и эволюции циклонов и антициклонов как на основе качественных правил, полученных из синоптической практики, так и на основе теоретических представлений, вытекающих из теории изменения давления. Общее представление об основных факторах, определяющих направленность развития циклонических и антициклонических вихрей, даёт состав членов уравнения тенденции вертикальной составляющей вихря скорости.

#### *Литература*

- [1] – Гл. 10–13;
- [2] – Лабораторные работы 3–5;
- [3] – Гл. 6–8;
- [4] – 3–7.

#### *Вопросы для самопроверки*

1. Каков пространственный масштаб воздушных масс?
2. Что такое очаг формирования воздушной массы?
3. Какие свойства воздушных масс называются консервативными?
4. По каким признакам различаются воздушные массы в географической и термодинамической их классификациях? Назовите выделяемые в каждой из них типы воздушных масс.
5. Что понимается под трансформацией воздушных масс? Какие факторы определяют трансформационные изменения термических свойств воздушной массы?
6. Что такое температура равновесия?
7. Какие факторы влияют на изменение устойчивости воздушной массы?
8. Как обычно меняется характер погоды в морской воздушной массе умеренных широт при ее смещении над сушей летом и как зимой, а каковы эти изменения в континентальной воздушной массе после ее выхода на морскую акваторию?
9. Как влияет на воздушные массы орография?
10. По каким признакам классифицируются атмосферные фронты?
11. Как рассчитать угол наклона стационарной фронтальной поверхности? Каковы его реальные значения?
12. Как меняется наклон фронтальной поверхности с увеличением горизонтального градиента температуры в зоне фронта?

13. Каковы условия фронтогенеза и фронтолиза в системе сходящихся и расходящихся линий тока? Какой из этих процессов вдоль осей барических ложбин, а какой на осях барических гребней?

14. Вдоль какой оси деформационного поля течений обычно имеет место фронтогенез? Нарисуйте схему фронтогенеза в деформационном поле.

15. В чем заключается оценка термодинамических условий фронтогенеза и фронтолиза?

16. В чём особенности структуры полей давления, ветра, температуры, облачности и осадков в области фронта? Назовите признаки атмосферного фронта, определяемые по каждому из этих полей на приземных картах погоды.

17. Каковы признаки прохождения теплых, холодных и окклюдируемых фронтов через пункт наблюдений?

18. Нарисуйте схемы теплового и холодного фронтов, а также теплового и холодного фронтов окклюзии:

а) на приземной карте погоды (система облаков и осадков, изобары и изаллобары относительно линии фронта);

б) на карте термобарического поля, совмещающего изогипсы полей АТ-700 и ОТ-500/100, с выделением областей термической адвекции различного знака;

в) в вертикальном разрезе (положение фронтальной поверхности, системы облаков и тропопаузы).

19. Укажите последовательность анализа атмосферных фронтов по синоптическим картам. Какие ещё материалы дополнительно используются при этом?

20. Как определяется ожидаемое перемещение атмосферного фронта на основании построений, выполняемых с помощью градиентной линейки?

21. Каково влияние орографии на атмосферные фронты?

22. В чем состоят особенности структуры полей метеорологических величин в области высотной фронтальной зоны?

23. По каким признакам построена географическая классификация тропосферных высотных фронтальных зон?

24. Приведите определение струйного течения, данное аэрологической комиссией ВМО.

25. Опишите поле облачности струйного течения.

26. Каковы характерные размеры тропосферных струйных течений?

27. Можно ли и каким образом диагностировать положение оси струйного течения по спутниковым снимкам облачности?

28. Каковы характерные особенности распределения общего содержания озона в области струйного течения?

29. Дайте определение и характеристику струйного течения низкого уровня.

30. В каких синоптических и метеорологических условиях возникают внутримассовые и фронтальные струйного течения низкого уровня?

31. По каким признакам классифицируются циклоны и антициклоны? Перечислите типы циклонов и антициклонов, выделяемые на основании каждого из них.

32. Какая структура термобарического поля наиболее благоприятна для циклогенеза (антициклогенеза)? Обоснуйте ответ на основании анализа вклада факторов, представленных членами уравнения тенденции вертикальной составляющей вихря скорости, а также его вихревой составляющей в натуральных координатах.

33. Перечислите стадии развития циклонов и антициклонов. Для циклонов поясните их соответствие стадиям развития, выделяемым по состоянию фронтальных разделов.

34. Охарактеризуйте каждую из стадий развития внетропических циклонов (антициклонов) на основании особенностей следующих полей в пределах соответствующего атмосферного вихря на карте погоды:

а) приземного давления (сравнительное число замкнутых изобар и изменение площади, ограниченной внешней замкнутой изобарой, по сравнению с предшествующей стадией);

б) барических тенденций (наличие и положение очагов падения и роста приземного давления, барическая тенденция на карте погоды в центре вихря);

в) взаиморасположения и состояния атмосферных фронтов в циклоне;

г) барического поля над приземным циклоническим (антициклоническим) вихрем;

д) вертикальное развитие циклона (антициклона) и положение его пространственной оси;

е) средней температуры нижнего 5-километрового слоя тропосферы (поле ОТ-500/1000 гПа);

ж) положения приземного центра циклона (антициклона) относительно оси струйного течения.

35. Каковы типичные погодные условия в отдельных частях циклонов (антициклонов), выделяемых в них в зависимости от стадий развития? Каковы сезонные особенности этих погодных условий?

36. Каковы общие признаки зарождения фронтального циклона (антициклона)?

37. Опишите эволюцию поля облачности циклона в порядке стадий его развития (по изображениям на снимках со спутников).

38. В каких широтах и при каких условиях возникают тропические циклоны? Какие стадии в своем развитии они проходят?

39. В чем заключается процесс регенерации циклонов (антициклонов), в каких случаях он происходит?



40. Каково влияние орографии на циклогенез (антициклогенез), смещение и эволюцию циклонов (антициклонов)?

### **Принципиальные основы и способы разработки прогностических методов**

В этом разделе излагаются общие сведения о терминологии в области прогнозирования, о классификации методологических подходов к их разработке. Следует усвоить понятие предсказуемости синоптических процессов и локальных метеорологических величин как количественных параметров погодных условий, изучить виды краткосрочных прогнозов погоды. Нужно иметь представление об общих требованиях к прогностическим методам и о методах оценки успешности прогнозов погоды.

Далее представлены способы разработки методов краткосрочных метеорологических прогнозов, прежде всего физико-статистических. Здесь важно составить верное представление о сущности формальной и статистической экстраполяции, о постановке задачи гидродинамического и статистического прогнозов. Следует обратить внимание, что при общей логической последовательности этапов разработки физико-статистических методов прогноза выбор построения прогностических связей жестко определяется формой представления предиктанта и предикторов.

### *Литература*

- [1] – Гл. 14–15;
- [2] – Лабораторная работа 6;
- [3] – Гл. 18;
- [4] – 8;
- [7] – 3.1, 6.1-6.6, 7.1-7.4.

### *Вопросы для самопроверки*

1. На какие основные классы (виды) делятся метеорологические прогнозы?
2. Каков физический смысл понятия «предсказуемости синоптических процессов»?
3. В чем основное различие между постановками задач гидродинамического и статистического прогнозов?
4. Каким основным требованиям должны удовлетворять прогностические методы?
5. Дайте определение инерционного и климатологического прогнозов.
6. Каковы принципы оценки прогнозов?

7. Перечислите основные этапы разработки физико-статистических методов прогноза.

8. Как построить физико-статистический метод прогноза, если предиктант и все предикторы количественные величины?

9. Как построить физико-статистический метод прогноза, если предиктант качественная величина, а все предикторы величины количественные?

### **Прогноз синоптических объектов**

Прогноз синоптических объектов, являясь промежуточной ступенью при составлении прогноза погоды, занимает важнейшее место в оперативной прогностической работе, так как только при правильном предсказании развития атмосферных процессов может быть составлен удачный прогноз погоды.

При изучении этого раздела следует, прежде всего, научиться прогнозировать перемещение и эволюцию атмосферных фронтов, циклонов и антициклонов. Здесь должны быть расширены, уточнены и конкретизированы те сведения, которые были получены студентом при изучении раздела «Основные синоптические объекты», а также освоены новые приемы прогнозирования. Следует иметь в виду, что прогноз синоптического положения основывается как на физико-статистических и качественных приемах, так и на методах, вытекающих из гидротермодинамической теории развития атмосферных процессов.

### *Литература*

- [1] – Гл. 16–17;
- [2] – Лабораторная работа 5;
- [3] – Гл. 6, 7, 9;
- [4] – 7.

### *Вопросы для самопроверки*

1. Дайте определения синоптического положения и синоптического процесса.
2. В чем заключается прогноз синоптических объектов?
3. Из чего состоит прогноз синоптического положения?
4. На чем основывается качественно-физические заключения синоптика о развитии синоптических процессов?
5. Напишите формулы перемещения барического центра без учета и с учетом ускорения.
6. Напишите дифференциальные формулы скорости перемещения: а) изобары; б) фронта; в) барического центра.
7. Перечислите и объясните частные правила прогноза, вытекающие из общего правила ведущего потока.

8. Как определить ожидаемое перемещение центра молодого циклона по правилу «изаллобарической пары»?

9. Как определяется ожидаемое направление перемещения окклюдированного циклона?

10. Какие признаки используются для качественно-физического прогноза возникновения и эволюции циклона, а для антициклона?

11. На основании каких особенностей процессов фронтогенеза и фронтолиза можно судить об ожидаемой эволюции атмосферных фронтов?

12. Какие изменения устойчивости воздушных масс указывают на направленность их трансформации?

### **Краткосрочный прогноз погоды**

В этом разделе следует изучить методы и приемы прогноза скорости и направления ветра, температуры и влажности воздуха, облачности, осадков, а также ряда других метеорологических явлений (грозы, тумана, метели, гололеда и т. д.). Прогнозирование болтанки и обледенения самолетов изучается в курсе авиационной метеорологии.

Прогноз многих метеорологических величин и явлений может быть составлен как качественно-физическими, так и физико-статистическими (расчетными) методами. И те, и другие методы, дополняя друг друга, используются в оперативно-прогностических подразделениях, они в равной мере показательны методически и могут быть полезны практически. Поэтому их освоение студентами предусмотрено при изучении курса синоптической метеорологии.

Проиллюстрируем сказанное на примере прогноза радиационного тумана. При качественном прогнозе учитывается, что радиационные туманы возникают в достаточно влажном воздухе при длительных прояснениях (в теплом полугодии только ночных) и слабом ветре. Благоприятными синоптическими условиями для их образования являются центральная и тыловая части антициклонов, барические гребни, размытые барические поля. Выпавшие накануне дожди увеличивают вероятность возникновения тумана. Дополнительно учитываются характер подстилающей поверхности и другие местные условия.

Существуют и расчетные методы прогноза радиационного тумана. Наиболее известны из них методы А.С. Зверева и Н.В. Петренко. Для составления прогноза на их основании требуется сначала оценить наличие благоприятных условий для возникновения этого явления, оцениваемых в определенной мере качественно. Затем отдельно прогнозируются минимальная приземная температура, ветер и облачность, последняя также оценивается на качественной основе.

Следовательно, оценка благоприятности ожидающихся синоптических и метеорологических условий для образования конкретных опасных явлений погоды, влияния местных физико-географических условий осуществляется в значительной мере качественно, на основе профессионального опыта синоптика. При этом для повышения качества прогнозов необходимо использовать все возможности, предоставляемые количественными оценками, получаемыми на основе физико-статистических и гидродинамических методов.

### *Литература*

- [1] – Гл. 19–24;
- [2] – Лабораторные работы 7–12;
- [3] – Гл. 10–16;
- [4] – 8.
- [5] – Гл. 5–12;
- [6] – 1–3, 11;

### *Вопросы для самопроверки*

1. Как прогнозируются направление и скорость ветра в приземном слое?
2. Как прогнозируется ветер на различных высотах в свободной атмосфере?
3. При каких условиях существует угроза возникновения шквала?
4. В какой части России наиболее интенсивны «снежные заряды»?
5. Какие факторы учитываются при прогнозе метели?
6. В чем заключается явление пыльной или песчаной бури? При каких условиях и где они наблюдаются?
7. Как прогнозируется температура воздуха у поверхности земли?
8. Как можно предсказать заморозки?
9. Как прогнозируется температура воздуха на различных высотах в свободной атмосфере?
10. Как прогнозируется влажность воздуха у земли и в свободной атмосфере?
11. Какие факторы учитываются при прогнозе количества и форм облачности?
12. Как прогнозируются высоты нижней и верхней границ облаков?
13. Как прогнозируются обложные, морозящие и ливневые осадки?
14. Каковы условия образования гроз и как составляется их прогноз?
15. Какие факторы влияют на изменение горизонтальной дальности видимости и как они учитываются при ее прогнозе?

16. Каковы условия формирования радиационных туманов и как они прогнозируются?

17. Как оценивается ожидаемое время образования и рассеивания радиационного тумана?

18. Каковы условия образования адвективных туманов и как составляется их прогноз?

19. Каковы условия формирования гололедных отложений и как составляется прогноз гололеда?

## **КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ**

### **Общие указания**

В результате самостоятельного изучения первой части дисциплины необходимо выполнить две контрольные работы. К выполнению контрольных работ следует приступить после тщательного изучения рекомендованных глав литературы.

Ответы на вопросы контрольных работ должны быть сформулированы достаточно ясно и максимально конкретно, чтобы был понятен физический смысл излагаемого материала, подтвержденный, где это требуется, математическими формулами.

### ***Третий курс***

Выполнению контрольных работ 1 и 2 должно предшествовать изучение содержания трех лабораторных работ из Практикума по синоптической метеорологии [2]. В них особое внимание следует уделить следующим вопросам:

Лабораторная работа 1

Составление карт погоды и барической топографии, совместный анализ данных приземных и аэрологических наблюдений.

1. Коды КН-01 и КН-04.

2. Схемы нанесения данных на приземную карту и карты барической топографии.

3. Отображение и анализ данных зондирования атмосферы на основе аэрологической диаграммы.

4. Построение и анализ пространственных вертикальных разрезов.

Лабораторная работа 2

Синоптический анализ полей основных метеорологических величин.

1. Основные формы барического рельефа.

2. Геострофическая модель связей полей давления и ветра.

3. Первичный анализ основных и вспомогательных карт погоды и карт барической топографии.

### Лабораторная работа 3

Анализ воздушных масс и атмосферных фронтов

1. Классификация воздушных масс и атмосферных фронтов.
2. Способы расчета наклона фронтальных поверхностей.
3. Признаки атмосферных фронтов на приземных картах и картах барической топографии.

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

1. Составить приземную карту погоды и карты барической топографии  $AT_{700}$  и  $OT_{1000}^{500}$  за 12 часов 26 апреля.

Для этого на чистые бланки карт следует нанести данные метеорологической и аэрологической сводок, представленные в табл. 1.2 и 1.3 Практикума по синоптической метеорологии [2].

Данные геопотенциала  $AT_{700}$  и  $OT_{1000}^{500}$  нанести на один бланк, помещая значение  $OT_{1000}^{500}$  под величиной  $AT_{700}$ .

2. Выполнить первичный анализ отдельной приземной карты погоды, предоставленной вам с уже нанесенными данными. Провести и подписать изобары и изотенденции. Выделить цветными карандашами осадки, туманы и другие явления погоды (см. задание 2.5 Практикума).

Перечислить все формы барического рельефа, на данной карте. Провести схематические линии тока в циклоне и антициклоне.

Описать типичные условия погоды в различных частях циклона и антициклона. Сопоставить их с условиями погоды в циклонах и антициклонах, представленных на проанализированной карте.

3. По данным приземной карты погоды определить горизонтальный градиент давления  $\partial P / \partial n$ , гПа / 100 км и скорость геострофического ветра  $V_g$  в Санкт-Петербурге и Самаре, используя рекомендации заданий 2.1 и 2.2 Практикума.

Сопоставить вычисленные значения скорости геострофического ветра со скоростью ветра у поверхности земли и объяснить разницу между ними.

Дополнительно ответить на следующие вопросы

1. Что такое геопотенциал и что принимается за практическую единицу геопотенциала?

2. На основании барометрической формулы геопотенциала ответить на вопрос, от чего зависит величина абсолютного и относительного геопотенциала?

3. Что такое изогипсы и чему они эквивалентны на картах  $AT$  и  $OT_{1000}^{500}$ ?

4. Определить величину относительного геопотенциала  $\text{OT}_{1000}^{500}$  для трех значений давления на уровне моря (1000, 1010, 990 гПа), если известно, что  $H_{500} = 535$  гп. дам.

5. С помощью аэрологической диаграммы определить высоту поверхности 700 гПа, если  $H_{850} = 135$  гп. дам, а температура на уровнях 850 и 700 гПа равна соответственно  $-10$  и  $-17$  °С.

6. Какого направления ветер у земли следует предсказать в северной, южной, западной и восточной части циклона и антициклона северного и южного полушарий?

7. Указать направление ветра на верхней границе слоя трения, если у поверхности земли (северное полушарие) направление ветра будет соответственно восточное, южное.

8. Указать направление силы барического градиента (северное полушарие), если ветер в свободной атмосфере северный.

9. Указать направление силы Кориолиса (северное полушарие), если ветер у поверхности земли северо-восточный.

10. Указать примерное направление силы барического градиента, если ветер у поверхности земли западный.

11. Определить графически термический ветер (направление и скорость) в слое 1000—500 гПа, если дан геострофический ветер на уровнях 1000 гПа и 500 гПа соответственно  $Vg_{1000} = 10$  м/с восточный и  $Vg_{500} = 20$  м/с северный.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

Провести комплексный анализ воздушных масс и атмосферных фронтов по картам за 00 ч 10 октября.

1. Выполнить анализ приземной карты и карт барической топографии. Предварительно следует проработать задания 2.5 Практикума [2], вступительную статью к лабораторной работе 3 [2] и главу 11 [1].

2. На карту  $\text{OT}_{1000}^{500}$  перенести линии теплого и холодного фронтов с приземной карты и согласовать их положение с положением высотной фронтальной зоны (ВФЗ). На карте  $\text{OT}_{1000}^{500}$  измерить средний температурный контраст на теплом и холодном фронтах. Контраст определяется по разности относительного геопотенциала между точками на фронте и на расстоянии 1000 км от фронта со стороны холодной воздушной массы в геопотенциальных декаметрах и в градусах.

3. Для выяснения пространственной структуры фронтальных разделов провести атмосферные фронты на картах  $\text{AT}_{850}$  и  $\text{AT}_{700}$ . На карту  $\text{AT}_{700}$  перенести положение атмосферных фронтов со всех нижележащих уровней ( $\text{AT}_{850}$ , приземная карта) и ответить на вопрос, как и почему изменяется с высотой ширина теплого сектора циклона.

4. Учитывая положение фронтов на разных уровнях, вычислить углы наклона теплового и холодного фронтов в районах Сыктывкара и Санкт-Петербурга.

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,5 \left( \frac{h_{850}}{L_{850}} + \frac{h_{700}}{L_{700}} \right),$$

где  $\alpha$  – угол наклона фронтальной поверхности;  $h_{850}$ ,  $h_{700}$  – высота (в гп километрах) фронтальной поверхности от уровня моря до уровня 850 гПа и 700 гПа, соответственно;  $L_{850}$ ,  $L_{700}$  – расстояние (в километрах) по горизонтали между линиями фронта у земли и на изобарических поверхностях 850 и 700 гПа, соответственно.

5. Построить термобарическую карту и определить адвекцию температуры. Для этого следует перенести изогипсы  $AT_{700}$  на карту  $OT_{1000}^{500}$ . В полученном термобарическом поле и области адвекции тепла изогипсы  $AT_{700}$  обвести красным карандашом, в области адвекции холода – синим.

Ответить на вопрос, где по отношению к теплому фронту у земной поверхности наблюдается максимальная адвекция тепла, а по отношению к холодному – максимальная адвекция холода? Почему?

6. На карте  $AT_{300}$  найти струйное течение и провести его ось красным цветом.

7. На карту  $AT_{300}$  перенести положение атмосферных фронтов с приземной карты и измерить расстояние между осью струйного течения и линиями теплового и холодного фронтов. Объяснить, почему ось струйного течения по отношению к фронтам у земли смещена в сторону холодной воздушной массы.

8. Опишите условия погоды в воздушных массах, расположенных по разные стороны атмосферных фронтов: а) перед теплым фронтом; б) за холодным фронтом; в) в теплом секторе циклона.

Определите рассмотренные выше воздушные массы по географической и термодинамической классификациям.

9. Построить схематический вертикальный разрез через холодный фронт по линии Кеми ( $\varphi = 66^\circ$  с. ш.,  $\lambda = 25^\circ$  в. д.) – Петрозаводск – Вологда за 00 часов 10 октября. На разрезе должно быть указано:

а) положение фронтальной поверхности с углом наклона, вычисленным ранее;

б) вертикальное распределение облачности. Форма облаков, их нижняя граница берется с приземной карты. При определении верхней границы облачности можно использовать среднестатистические данные о вертикальной мощности различных форм облачности.

10. Рассмотреть изменение ветра с высотой в зоне атмосферных фронтов. Для этого на карту  $AT_{500}$  на станции Сыктывкар перенести



направление и скорость ветра с карт  $AT_{700}$  и  $AT_{850}$  и выяснить особенности его изменения с высотой.

11. Рассчитать скорость перемещения теплого и холодного фронтов, используя для этого модель геострофического ветра

$$C_{\Phi} = K (V_g)_n,$$

где  $C_{\Phi}$  – скорость перемещения фронта;  $(V_g)_n$  – нормальная к фронту составляющая скорости геострофического ветра у поверхности земли;  $K$  – коэффициент, равный для теплого фронта 0,5 – 0,7; для холодного фронта второго рода 0,7 – 0,9 и для холодного фронта первого рода – 1.

$$(V_g)_n = \frac{27}{\delta n \sin \varphi} \text{ м/с},$$

где  $\delta n$  – расстояние в сотнях километров на линии фронта между соседними изобарами, проведенными через 5 гПа.

12. Рассчитайте время прохождения холодного фронта через Вологду и опишите условия погоды и вероятное их изменение в ближайшие часы на этой станции..

#### ***Четвертый курс***

В результате самостоятельного изучения второй части дисциплины необходимо выполнить очередные две контрольные работы. К выполнению контрольных работ следует приступить после тщательного изучения рекомендованных глав литературы.

Перед выполнением контрольных работ необходимо изучить содержание следующих лабораторных работ из Практикума по синоптической метеорологии [2]:

Лабораторная работа 4 «Анализ возникновения и развития циклона» и лабораторная работа 5 «Анализ и прогноз синоптических процессов». В этих работах основное внимание следует уделить следующим вопросам.

1. Условия возникновения и развития циклонов и антициклонов.

2. Особенности структуры барических и термических полей у земли и в свободной атмосфере (по полям  $AT_{700}$  и  $OT_{1000}^{500}$ ) для различных стадий развития циклонов и антициклонов.

Лабораторная работа 7 «Прогноз ветра и связанных с ним явлений». Обратить внимание на особенности прогноза ветра в приземном слое и в свободной атмосфере.

Лабораторная работа 8 «Прогноз температуры и влажности воздуха. Прогноз заморозков». В этой работе необходимо освоить способы прогноза температуры воздуха и точки росы в приземном слое и в свободной атмосфере, прогнозы максимальной и минимальной температуры воздуха, заморозков на почве.

Лабораторная работа 9 «Прогноз туманов и слоистообразной облачности». Необходимо изучить методы прогноза радиационных и адвективных туманов, низкой слоистообразной облачности.

Лабораторная работа 10 «Прогноз обложных осадков». При изучении этой работы основное внимание уделить физическим основам методов прогноза обложных осадков.

Лабораторная работа 11 «Прогноз конвективных явлений». Необходимо изучить метод прогноза конвективных явлений (ливней, гроз и града) Н. В. Лебедевой.

Лабораторная работа 12 «Прогноз погоды общего назначения». В этой работе нужно усвоить используемую при составлении прогнозов погоды терминологию.

### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3

Провести анализ синоптического положения по картам погоды за 2 октября, выявить структурные особенности барических образований, освоить основные приемы и методы прогнозов эволюции и перемещения барических образований.

1. Проанализировать приземную карту погоды и карты барической топографии за 00 часов 2 октября, используя при этом накопленный опыт и рекомендации по обработке и оформлению карт погоды, изложенные в задании 2.5 Практикума по синоптической метеорологии [2].

При анализе атмосферных фронтов необходимо увязать между собой их положение на приземной карте и карте  $AT_{850}$ . Кроме того, положение фронтов у земли должно быть согласовано с ВФЗ на карте  $OT_{500}^{500}_{1000}$  (используйте рекомендации к лабораторной работе 3 Практикума).

2. Исследовать структурные особенности и условия развития циклонов с центром в районе г. Москвы и Чердыни. При этом для южного циклона необходимо рассмотреть следующее:

а) определить вертикальную протяженность циклона и наклон его высотной оси;

б) построить термобарическую карту, для чего перенести изогипсы  $AT_{700}$  на карту  $OT_{500}^{500}_{1000}$ . Выполнить анализ поля адвекции средней температуры в слое 500 – 1000 гПа, как было рекомендовано в контрольной работе 2. Определить соотношение величин адвекции тепла и холода в передней и тыловой части циклона. Для этого рассчитать величину адвективных изменений температуры по формуле (4.1) [2] стр. 122 в Минске и Нижнем Новгороде (для циклона с центром вблизи Москвы) и в Перми и Ханты-Мансийске (для циклона с центром в районе Чердыни).

в) определить контрасты средней температуры в слое 500 – 1000 гПа (в °C/1000 км) над приземными центрами циклонов. Контрасты температуры определяют в направлении, перпендикулярном изогипсам  $OT_{1000}^{500}$ .

На основании выполненных исследований сделать заключение о стадии развития анализируемых циклонов.

3. Составить прогноз эволюции циклонов. Для этого прежде всего рассмотреть:

а) положение линии нулевой барической тенденции по отношению к центру циклонов:

б) положение приземного центра циклона по отношению к ВФЗ. Дать качественную оценку вихревой составляющей уравнения тенденции вихря скорости в натуральных координатах (формула 4.5 стр. 113 в [2]) на уровне 500 гПа над приземными центрами циклонов. От качественного прогноза эволюции циклонов следует перейти к количественному, то есть дать прогноз величин давления в центре на 12 и 24 часа вперед.

4. Составить прогноз направления и скорости перемещения циклонов на 12 и 24 часа вперед. При этом описать все используемые Вами правила, например, правило изаллобарической пары, ведущего потока и т. д. и провести необходимые расчеты.

5. Дать прогноз погоды общего назначения на сутки (с 6 часов 2 октября до 6 часов 3 октября) для Самары, предварительно составить синоптическое обоснование прогноза погоды (лабораторная работа 12 [2]). Для этого кроме прогноза перемещения циклона необходимо дать прогноз перемещения атмосферных фронтов.

6. Проанализировать карту за 12 часов 2 октября и проверить свои прогнозы на 12 часов вперед.

#### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 4

Составить прогноз количества обложных осадков на день 2 октября для Уфы.

В качестве исходных материалов использовать синоптические карты (приземная,  $AT_{850}$ ,  $AT_{700}$ ,  $AT_{500}$ ) за 00 часов 2 октября и данные об аналогах упорядоченных вертикальных движений  $\delta P$  гПа/12ч), представленные в таблице 1. Количество обложных осадков рассчитывается по формуле

$$Q = 1,5 \Delta q_{850} + 1,8 \Delta q_{700} + \Delta q_{500}, \quad (1)$$

где  $Q$  – прогнозируемое количество обложных осадков (в мм) за некоторый промежуток времени;  $\Delta q_{850}$ ,  $\Delta q_{700}$ ,  $\Delta q_{500}$  – индивидуальные изменения за тот же промежуток времени массовой доли водяного пара в насыщенном воздухе (%) при подъеме воздуха.

Формула (1) не учитывает конденсацию водяного пара на поверхности 500 гПа. При больших значениях аналогов вертикальных движений ( $\delta P < 100$

гПа/12 ч) конденсация в этом воздухе может быть значительной. В этом случае для расчета осадков можно использовать формулу

$$Q' = Q (1 - 0,002 \delta P_{500}), \quad (2)$$

где  $Q'$  — количество обложных осадков (в мм) с учетом дополнительной конденсации выше 500 гПа;  $Q$  — количество осадков, рассчитанное по формуле (1).

$$\Delta q_p = q' - q'', \quad (3)$$

где  $\Delta q_p$  — количество влаги, сконденсированной при подъеме с рассматриваемой изобарической поверхности ( $P$ );  $q'$  — массовая доля водяного пара на уровне конденсации;  $q''$  — массовая доля водяного пара в верхней точке подъема воздушной частицы с рассматриваемой поверхности ( $P$ ) за счет упорядоченных восходящих вертикальных движений.

Перед тем как приступить к расчету количества обложных осадков необходимо составить синоптическим способом качественный прогноз осадков в Уфе на день 2 октября.

Для этого следует спрогнозировать на 12 часов вперед перемещение зоны обложных осадков и фронтов, с которыми эта зона связана. Далее рассчитать количество прогнозируемых обложных осадков.

Порядок расчета:

1. Построить прогностические траектории воздушных частиц, на уровнях 850, 700 и 500 гПа методом обратного переноса (Практикум, задание 2.2).

2. Снять адвективные значения температур и точки росы ( $T_a$  и  $T_{d_a}$ ), то есть значения температуры и точки росы в начальных точках траекторий на каждом уровне. Имейте в виду, что на картах нанесен дефицит точки росы ( $D$ ), а не  $T_d$ . Значение  $T_a$  и  $T_{d_a}$  можно считать прогностическими значениями температуры и точки росы, полученными без учета вертикальных движений. Трансформация при прогнозе на 12 часов не учитывается.

3. Рассчитайте  $\Delta q_{850}$ ,  $\Delta q_{700}$  и  $\Delta q_{500}$ , используя данные об аналогах восходящих упорядоченных движений в гПа/12 часов (табл. 1). Для этого на бланке аэрологической диаграммы на каждой изобарической поверхности (850, 700 и 500 гПа) отмечают прогностические значения температуры и точки росы с учетом адвекции и трансформации (в нашем случае только с учетом адвекции). От значения  $T_a$  проводится отрезок вдоль сухой адиабаты до пересечения с изограммой, проведенной от точки, соответствующей значению  $T_{d_a}$ . Точка пересечения является уровнем конденсации.

Если уровень конденсации лежит выше уровня ( $P + \delta P$ ) или на той же высоте, то соответствующее  $\Delta q_p$  принимается равным нулю. Если же уровень конденсации окажется ниже поверхности ( $P + \delta P$ ), то от уровня

конденсации проводится вверх отрезок вдоль влажной адиабаты до точки пересечения с поверхностью ( $P + \delta P$ ). По изограммам отсчитывается значение массовой доли водяного пара в насыщенном воздухе в указанной выше точке пересечения ( $q''$ ) и на уровне конденсации ( $q'$ ).

В случае восходящих вертикальных движений в насыщенном воздухе ( $T_a = T_{d_a}$ ) для определения значений  $q'$  и  $q''$  нужно с соответствующей изобарической поверхности от точки с  $T = T_{d_a}$  провести линию параллельно влажной адиабате до высоты ( $P + \delta P$ ). Значения  $q'$  и  $q''$  снимаем на этой линии соответственно на уровнях  $P$  и ( $P + \delta P$ ).

Если на каком-либо уровне ожидаются нисходящие вертикальные движения, то на этом уровне  $\Delta q_p = 0$ .

4. Подставить найденные значения  $\Delta q_{850}$ ,  $\Delta q_{700}$ ,  $\Delta q_{500}$  в формулу (1) и рассчитать количество обложных осадков (мм / 12 часов).

5. Дать формулировку прогноза осадков в соответствии с терминологией (см. лабораторную работу 12 в [2]).

Таблица 1

Аналоги упорядоченных вертикальных движений

$P$ , гПа	$\delta P$ гПа / 12 часов
850	- 60
700	- 80
500	- 100

## УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Задачей курсового проектирования является приобретение студентами навыков привлечения полученных теоретических и практических знаний в области синоптической метеорологии и других дисциплин базового и профессионального блоков к решению конкретных практических задач.

В курсовом проекте обязательно должны найти отражение вопросы, связанные с анализом синоптических процессов и погоды. Это может быть анализ региональных синоптических процессов, результаты испытаний каких-либо методов прогноза параметров и явлений погоды, поиск прогностических указаний, критический анализ существующих методов прогноза и т.д.

Объем текста курсового проекта составляет 20 – 40 страниц. Время, затрачиваемое на его выполнение, около 40 – 60 часов. Весьма желательно, чтобы тема проекта имела отношение к тому району, где живет и работает студент, и основывалась на анализе местной гидрометеорологической информации или региональных синоптических процессов. Приветствуется (и перспективно для

студента) выполнение курсового проекта по тематике, предложенной руководством местных прогностических подразделений.

Тематика курсовых проектов может быть подразделена на несколько групп:

- реферативные,
- расчетные,
- прогностические,
- экспериментальные.

Курсовые проекты обычно имеют комбинированный характер. Если работа реферативная, то в ней должны быть использованы материалы ряда основополагающих работ и публикации с результатами текущих исследований по обсуждаемой проблеме. Наиболее распространены курсовые работы, посвященные многолетнему режиму или прогнозу одной из метеорологических величин или погодного явления в определенном географическом районе или пункте. Текст таких курсовых проектов может иметь структуру, организованную по следующей примерной логической схеме:

Введение.

1. Влияющие факторы, определяющие региональное распределение и сезонные особенности исследуемой метеорологической величины (явления погоды).

1.1

1.2

2. Физические основы прогнозирования исследуемой величины (явления).

2.1

2.2

3. Используемые данные и методы их обработки, ход работы, анализ получаемых текущих результатов.

3.1

3.2.

3.3

4. Обобщение и интерпретация полученных результатов.

4.1

4.2

Выводы.

Список использованной литературы.

Приложения (при необходимости)

Во введении формулируется цель работы, последовательность решаемых при этом задач, подчеркивается актуальность исследуемой проблемы. Указыва-

ется, какие материалы использованы, практическое значение ожидаемых результатов.

В первом разделе излагаются физические основы формирования пространственно-временной динамики рассматриваемой метеорологической величины или погодного явления.

Второй раздел посвящен физическим и методическим основам прогнозирования.

В третьем разделе описываются исходные данные (географическая локализация, освещаемый период, сезонность, число случаев и т.п.), методы их обработки, последовательность выполнения работы с представлением промежуточных материалов и их предварительным комментарием.

Основным является четвертый раздел. Обсуждаются построенные графики, карты, таблицы, полученные формулы. Дается обобщенная интерпретация полученных материалов. Формулируются рекомендации по использованию полученных результатов в практической работе.

В выводах в краткой форме последовательно излагаются основные результаты, полученные в работе.

В тексте должны быть ссылки на используемые источники, список которых помещается в конце работы.

Источники списка должны содержать: фамилию и инициалы автора (авторов), название книги или статьи, если ссылка на статью – название журнала или сборника, номер журнала, тома или выпуска, далее для всех место издания, наименование издательства, год издания, для книг общее число страниц, для статей – диапазон страниц со статьей. Последовательность источников в списке литературы формируется по мере их упоминания в тексте.

Все таблицы, рисунки и формулы должны быть пронумерованы. Таблицы и рисунки должны иметь названия.

В начале или в конце текста помещается содержание с указанием названий разделов и подразделов работы.

Оформление курсового проекта должно соответствовать ГОСТ-ам, которые могут претерпевать изменения.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
Общие указания . . . . .	5
Литература . . . . .	6
Указания по разделам . . . . .	7
Введение . . . . .	7
Метеорологическая информация и способы ее представления . . . . .	8
Основные характеристики метеорологических полей синоптического масштаба . . . . .	10
Основные синоптические объекты . . . . .	13
Принципиальные основы и способы разработки прогностических методов . . . . .	17
Прогноз синоптических объектов . . . . .	18
Краткосрочный прогноз погоды . . . . .	19
Контрольные работы . . . . .	21
Указания к выполнению курсового проекта . . . . .	29
Содержание . . . . .	32



Учебное издание

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**по дисциплине**

### **"СИНОПТИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ"**

Граховский Геннадий Николаевич,  
Новикова Нина Алексеевна.

---

Подписано в печать .....	Формат 60 × 90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	Бумага кн.-жур.	Печать офсетная.
Печ. л. ....	Уч.-изд. л. ....	Тираж .....	Зак. ....

---

195196, СПб, Малоохтинский пр. 98. РГГМУ.

Отпечатано изд. РГГМУ