

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет заочного обучения

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
по дисциплине  
**«СИНОПТИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ»**

Специальность – 073100 - Метеорология

Курс V

*(Подлежит возврату  
на факультет заочного обучения)*



Санкт-Петербург  
2009

Российский государственный  
гидрометеорологический университет  
**БИБЛИОТЕКА**  
195196, СВ6, Малоохтинский пр., 98

*Одобрено Методической комиссией метеорологического  
факультета РГГМУ*

УДК 551.509.3

Методические указания по дисциплине "Синоптическая метеорология". – СПб.: Изд. РГГМУ, 2009. – 24 с.

Методические указания составлены в соответствии с программой дисциплины "Синоптическая метеорология". Даются рекомендации по изучению дисциплины. Приводятся рекомендуемая литература, контрольные вопросы по основным разделам курса, контрольные работы и пояснения по их выполнению.

*Составители:* Г.Н. Граховский, доц., РГГМУ,  
Н.А. Новикова, доц., РГГМУ,

*Ответственный редактор* В. И. Воробьев, проф., РГГМУ

© Граховский Г. Н., Новикова Н.А..

© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2009.

## 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. 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 определяет приоритетную роль дисциплины при подготовке кадров для работы в оперативных прогностических подразделениях.

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;

- приобретение практических навыков синоптического анализа атмосферных процессов.

В результате изучения курса «Синоптической метеорологии» студент должен знать:

- закономерности развития погодообразующих атмосферных процессов различного пространственно-временного масштаба;

- физические основы и современное состояние методов анализа синоптических процессов.

Кроме того, он должен уметь:

- пользоваться данными от всех современных источников получения метеоинформации при анализе синоптических процессов и погоды;

– составлять описание исходного для краткосрочного прогноза погоды синоптического положения.

Должен иметь представление:

– об основных направлениях и методах научных исследований в области синоптической метеорологии.

– о перспективах использования новейших достижений науки в целях изучения погодообразующих атмосферных процессов

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Дисциплина «Синоптическая метеорология» изучается студентами-заочниками на V курсе. На установочной лекции (на сессии IV курса) преподаватель указывает, на какие вопросы следует обратить особое внимание, что нужно изучить полностью самостоятельно, а что будет прочитано позже в период экзаменационных сессий на V курсе. Даются также пояснения по выполнению контрольных работ.

Студент-заочник выполняет две контрольные работы.

На пятом курсе изучаются 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 V курса 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.

Освоение теоретического материала определяется на основании экзамена.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев В. И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеоиздат, 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. — Л.: Гидрометеиздат, 1983, — 288 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., Тараканов Г. Г.* Авиационные прогнозы погоды. Учебное пособие. СПб.: РГГМУ. 2003, — 162 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, отнесенную к конкретному моменту времени (сроку наблюдений), и сравнивать между собой, анализируя поля метеорологических величин. Асинхронная информация отсутствует на синоптических кар-

тах, 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 малоосвещенных 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 объем 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 четырехмерного 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 метеорологических 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 уравнения 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 синоптической 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 учётом общей тенденции развития атмосферных процессов вместе со смещением и эволюцией циклонов, с которыми эти фронты связаны.

### Литература

- [1] – Гл. 10–11;
- [2] – Лабораторная работа 3;
- [3] – Гл. 7;
- [4] – 3–4.

### *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 термодинамического 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 окклюзиванных фронтов через пункт наблюдений?

18. Нарисуйте схемы теплого и холодного фронтов, а также теплого 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 используются при этом дополнительно?

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

21. Каково влияние орографии на атмосферные фронты?

# КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

## Общие указания

В результате самостоятельного изучения 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.

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 7 января 1982 г.

Для этого на чистые бланки карт следует нанести данные метеорологической и аэрологической сводок, представленные в табл. 1.1 и 1.2 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 2.6 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  $P / \Delta n$ , 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 АТ и  $OT_{1000}^{500}$  ?
4. Определить величину относительного геопотенциала  $OT_{1000}^{500}$  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  $V_{g\ 1000} = 10$  м/с восточный и  $V_{g\ 500} = 20$  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 2.6 Практикума [2], вступительную статью к лабораторной работе 3 [2] и главу 11 [1].

2. На карту  $OT_{1000}^{500}$  перенести линии теплового и холодного фронтов с приземной карты и согласовать их положение с положением высотной фронтальной зоны (ВФЗ). На карте  $OT_{1000}^{500}$  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  $AT_{850}$  и  $AT_{700}$ . На карту  $AT_{700}$  перенести положение атмосферных фронтов со всех нижележащих уровней ( $AT_{850}$ , приземная карта) и ответить на вопрос, как и почему изменяется с высотой ширина теплового 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 изобарической поверхности 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 Кемь ( $\varphi = 66^\circ$  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 теплового 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 зем-

ли;  $K$  – 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..

## **УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Задачей курсового проекта является приобретение студентами навыков привлечения полученных теоретических и практических знаний в области синоптической метеорологии 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 погоды, поиск прогностических указаний, критический анализ существующих методов прогноза и т.д.

Объем курсового проекта составляет  $20-40$  рукописных страниц. Время, затрачиваемое на его выполнение, составляет  $40-60$  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.

Тематика курсовых проектов может быть подразделена на несколько групп:

- 1) реферативные;
- 2) расчетные;
- 3) прогностические;
- 4) экспериментальные.

Обычно курсовые проекты носят комбинированный характер. Если работа является реферативной, то в ней должен быть использован ряд основополагающих работ, посвященных обсуждаемому вопросу. Наиболее распространенными являются курсовые работы, посвященные прогнозу одной из метеорологических величин или одному из метеорологических явлений в определенном географическом районе или пункте. Такие курсовые проекты могут быть написаны по следующему, примерно, плану.

#### Введение.

1. Физические основы формирования и прогнозирования исследуемой метеорологической величины (явления погоды).

##### 1.1

##### 1.2

2. Характеристика используемых материалов. Получение прогностических выводов.

##### 2.1

##### 2.2

3. Анализ конкретных примеров.

#### Выводы.

#### Список использованной литературы.

Во введении формулируется цель работы подчеркивается актуальность решаемой задачи. Указывается, какие материалы использованы (район, число случаев, количество рассмотренных лет, время года и т. д.), под чьим руководством выполнялась работа.

В первом разделе излагаются физические основы формирования рассматриваемой метеорологической величины или метеорологического явления, метеорологические факторы синоптические условия, определяющие изменение величины или возникновение явления, а также основные методы прогнозирования.

Второй раздел является основным. В нем содержится анализ использованных материалов, обсуждаются построенные графики, таблицы или полученные формулы, сформулированы рекомендации по использованию полученных результатов в практической работе.

В третьем разделе на конкретных примерах иллюстрируется, как полученные результаты могут быть использованы в практической работе.

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

В тексте работы должны быть ссылки на используемую литературу, список которой помещается в конце работы.

В списке литературы указываются: фамилия и инициалы автора книги (статьи); название книги (журнала, сборника), если используется статья, то название статьи, номер тома (номер журнала, выпуска или том сборника, страницы со статьей); место издания, наименование издательства, год издания. Список литературы составляется в алфавитном порядке.

Все таблицы, рисунки и формулы должны быть пронумерованы. Таблицы и рисунки должны иметь названия, часто для для полного и верного их понимания требуются еще дополнительные пояснения. Нумерация состоит из двух цифр, разделенных точкой. Первая цифра – номер раздела, вторая - порядковый номер таблицы, рисунка или формулы. Для каждого из этих объектов своя отдельная последовательность порядковых номеров (вторых цифр после точки). Слово таблица пишется в правом верхнем углу, рядом через пробел указывается номер таблицы. Ниже с заглавной буквы пишется название таблицы, непосредственно под названием помещается сама таблица. Слово «Рис.» пишется в левом нижнем углу под рисунком, рядом через пробел проставляется номер рисунка. Далее в этой строке с заглавной буквы указывается его название. Номера формул пишутся справа от них в той же строке вблизи правого поля текста. Обычно номер формулы заключают в круглые скобки.

На последней странице помещается оглавление с указанием заголовков разделов и подразделов работы, а также номеров страниц их начала.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
Общие указания .....	4
Литература .....	4
Указания по разделам.....	5
Введение.....	5
Метеорологическая информация и способы её представления.....	6
Основные характеристики метеорологических полей синоптического масштаба.....	9
Основные синоптические объекты .....	12
Контрольные работы .....	15
Общие указания .....	15
Контрольная работа № 1 .....	16
Контрольная работа № 2.....	17
Указания к выполнению курсового проекта.....	20

*Учебное издание*

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
по дисциплине  
**«СИНОПТИЧЕСКАЯ МЕТЕОРОЛОГИЯ»**

*Составители*

Геннадий Николаевич Граховский,  
Нина Алексеевна Новикова.

*Редактор*

И.Г. Максимова

ЛР № 020309 от 30.12.96.

---

Подписано в печать 26.02.09. Формат 60 × 90<sup>1/16</sup>. Печать офсетная.  
Печ. л. 1,00. Тираж 100. Зак. № 7.

---

195196, СПб, Малоохтинский пр. 98. РГГМУ