

## 7. ПРИНЦИПЫ СИНОПТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

SYNOPTIKOS (*ΣΥΝΟΠΤΙΚΟΣ* – греч.) – способный всё обозреть (увидеть).

Как же это достигается? С помощью синоптических карт на основе синоптического метода.

- **Синоптический метод – метод анализа и прогноза атмосферных макропроцессов и условий погоды с помощью синоптических карт и различных вспомогательных материалов (аэрологических диаграмм, вертикальных разрезов атмосферы и др.)**
- **Исследование синоптических процессов и условий погоды с помощью синоптических карт и вспомогательных средств – синоптический анализ**
- **Синоптическая метеорология – учение об атмосферных процессах синоптического масштаба и предсказании погоды на основе их исследования**
- **Синоптические процессы – это возникновение, перемещение и изменение свойств (трансформация) синоптических объектов. Синоптические процессы, изучаемые с помощью карт погоды, являются причиной той или иной погоды на больших географических пространствах**

Основными принципами синоптического анализа являются: комплексность анализа, трёхмерность анализа, историческая последовательность анализа. Важнейшее достоинство синоптического метода – наглядность и оперативность.

К недостаткам синоптического метода относятся – дискретность метеорологической информации во времени и пространстве (по вертикали и горизонтали), т.е. отсутствие информации между станциями, в труднодоступных районах (нельзя забывать, что 3/4 Земли занимают океаны и моря), между стандартными поверхностями атмосферы. При этом опускаются многие важные явления погоды. Далее, сложность сбора и обработки информации приводит к некоторой задержке анализа. Конечно, существуют различные методы, позволяющие полностью или частично устранить эти недостатки (интерполяция, экстраполяция, использование асиноптической информации – радиолокационной, спутниковой информации и т.д.)

Для оперативного прогноза на сутки для пункта или небольшого района необходимы данные с территории, радиусом не менее 1000 км, на 2 суток – 20000 км и т.д.

## 7.1. Основные синоптические объекты

По сути, прогноз погоды структурно состоит из 2-частей. Первая – это прогноз синоптического положения, и вторая – это на его основе прогноз собственно условий погоды, которые определяются данным синоптическим положением.

- **Совокупность взаимно связанных синоптических объектов над некоторым районом Земного шара, определяющая здесь условия погоды, есть синоптическое положение**
- **Синоптический прогноз – это прогноз синоптического положения и условий погоды с помощью синоптического метода**
- **Синоптические объекты – это воздушные массы, атмосферные фронты, циклоны, антициклоны, барические и термические ложбины и гребни, очаги тепла и холода, струйные течения, высотные фронтальные зоны и т.д.**

### **Определения основных синоптических объектов:**

- *Воздушные массы* – относительно однородные по условиям погоды массы воздуха в тропосфере, соизмеримые по площади с материками и океанами, перемещающиеся в системе Общей циркуляции атмосферы (т.е. в системе макромасштабных воздушных течений над Земным шаром).

Общность свойств воздушных масс определяется их формированием в определённом очаге над однородной подстилающей поверхностью и в однородных радиационных условиях. При формировании воздушной массы должны осуществляться такие циркуляционные условия, которые способствуют стационарированию её в данном очаге. При выходе из очага воздушная масса, перемещаясь, изменяет свои свойства (трансформируется), но при этом внутри воздушной массы сохраняется непрерывность в изменении температуры и другие свойства в горизонтальном направлении. Свойства воздушных масс в большой степени определяют режим погоды над занимаемой территорией, со сменой воздушных масс во внетропических широтах связаны непериодические изменения погоды.

По географической классификации, в зависимости от широтных зон, где образуются воздушные массы, различают *арктические и антарктические воздушные массы (АВ)*, *воздушные массы умеренных широт (УВ)* или полярные воздушные массы (ПВ), *тропические (ТВ)* и *экваториальные (ЭВ)* воздушные массы. Эти воздушные массы разделяются, кроме того, на *морские и континентальные* (за исключением экваториального воздуха,

который является морским) – например, континентальный умеренный воздух, морской умеренный воздух (кУВ и мУВ, соответственно).

В зависимости от тепловых характеристик воздушные массы подразделяют на тёплые, холодные и нейтральные (местные), которые, в свою очередь могут характеризоваться как неустойчивым, так и устойчивым равновесием. Данное разделение воздушных масс учитывает один из важнейших результатов теплового обмена – вертикальное распределение температуры воздуха и соответствующий ему вид вертикального равновесия. С устойчивыми и неустойчивыми воздушными массами связаны определённые условия погоды.

• *Атмосферные фронты.* Фронт является наиболее сложным из синоптических объектов. При соприкосновении двух воздушных масс, обладающих различными свойствами (например, одна из них является тёплой, другая – холодной), в атмосфере между ними возникает переходная зона, являющаяся довольно узкой, по сравнению с масштабом воздушных масс, которые она разделяет. Эта переходная зона, которую в трёхмерном пространстве условно можно рассматривать, как поверхность раздела в атмосфере, называется фронтальной поверхностью и отличается сложным ходом метеорологических величин.

Давление по обе стороны фронтальной поверхности одинаково, но градиенты давления, как и другие метеорологические величины, испытывают разрыв. Непрерывность давления накладывает отпечаток на пространственную ориентацию фронтальной поверхности. Фронтальные поверхности располагаются под углом к линии горизонта, причем более холодный воздух подтекает клином под более тёплым, который располагается над ним. Протяженность фронтальной поверхности по вертикали ограничивается, как правило, вертикальной протяженностью тропосферы, т.е. около 10 км. А горизонтальная протяженность – это тысячи км, следовательно, наклон фронта очень мал.

Проекция фронтальной поверхности на плоскость на уровне моря, представленном приземной картой погоды, называется линией атмосферного фронта или просто атмосферным фронтом и имеет ширину не более 100 км.

Наиболее отчетливо переходные зоны прослеживаются на высотных картах, где их называют высотными фронтальными зонами (ВФЗ). Например, на высоте на 5 км ( $AT_{500}$ ) ширина переходных зон около 1000 км. Обычно соседние высотные фронтальные зоны переходят одна в другую, образуя единую планетарную высотную фронтальную зону (ПВФЗ).

Переход из одной воздушной массы в другую через фронтальную поверхность характеризуется здесь резким (скачкообразным) изменением метеорологических величин. В случае большого различия свойств воздушных масс атмосферные фронты между ними хорошо выражены (активные фронты) им соответствует широкая облачная полоса, состоящая из многослойной облачности, представляющей сочетание различных типов облаков. Длина атмосферного фронта может достигать нескольких тысяч км (рис. 7.1).

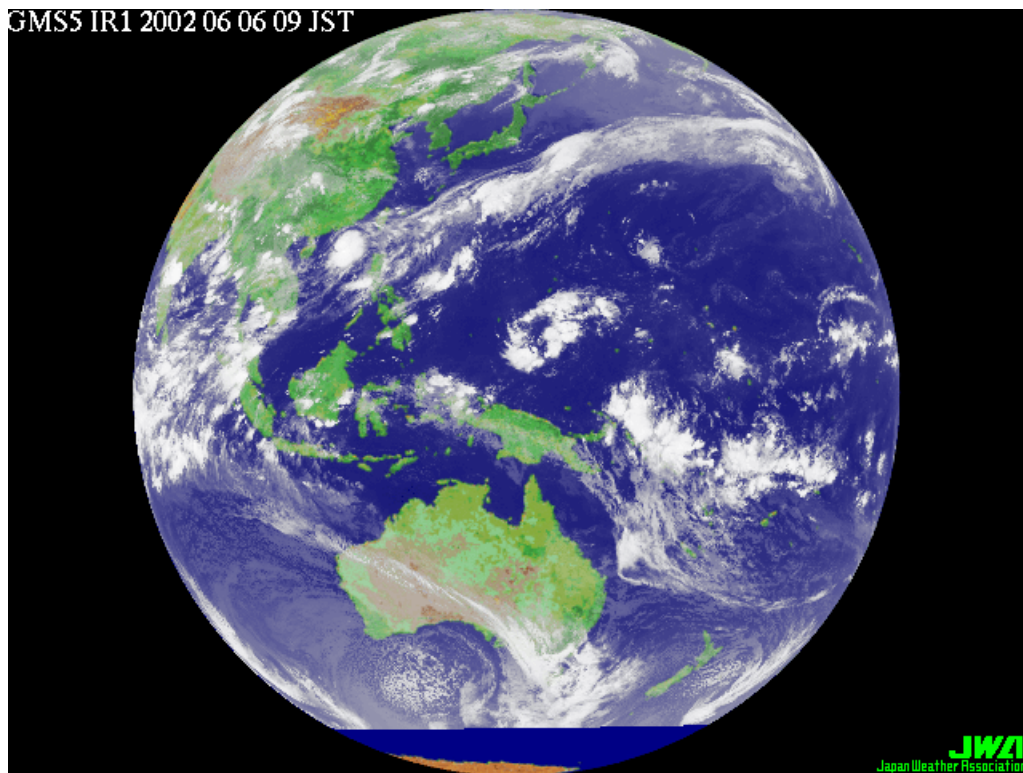


Рис. 7.1. Карта облачности за 6 июня 2002 г. Широкая непрерывная полоса облачности в северном полушарии над Тихим океаном соответствует активному полярному фронту, разделяющему морской умеренный и морской тропический воздух  
(GMS5, Информацмя Японской погодной ассоциации)

Различают холодные, тёплые фронты, фронты окклюзии – по типу воздушной массы, которая смещается в данный район вместе с фронтом. Тёплый фронт движется в сторону холодной воздушной массы, после прохождения тёплого фронта в данный район приходит тёплая воздушная масса. Холодный фронт, наоборот, движется в сторону тёплой воздушной массы, после прохождения холодного фронта в данный район приходит холодная воздушная масса. Фронты окклюзии образуются на заключительной стадии разви-

тия циклона в результате слияния тёплого и холодного атмосферных фронтов. Эти фронты также могут быть либо тёплыми, либо холодными.

Каждому атмосферному фронту присуща своя система облаков, осадков, барических тенденций по обе стороны фронта, ветра, явлений погоды. Выявление АФ на картах погоды – наиболее сложная операция синоптического анализа.

- *Циклон* – атмосферный вихрь с замкнутыми изобарами, кратными 5 гПа, с пониженным давлением, минимальным в центре, и вращением воздуха против часовой стрелки в северном полушарии (по часовой – в южном).

- *Антициклон* – атмосферный вихрь с замкнутыми изобарами, кратными 5 гПа, с повышенным давлением, максимальным в центре, и вращением воздуха по часовой стрелки в северном полушарии (против часовой – в южном).

На отечественных картах погоды циклоны обозначаются **Н** (низкое), антициклоны – **В** (высокое) (Рис. 7.2 и 7.3). На зарубежных картах погоды, напомним, изобары проводятся через 4 гПа, кратно 4, а в центрах циклонов и антициклонов проставляются, соответственно, **L** (Low) или **H** (High).

- *Барическая ложбина* – система изобар, обычно на периферии циклона, направленная выпуклостью в сторону высокого давления (см. рис. 7.2 и 7.3).

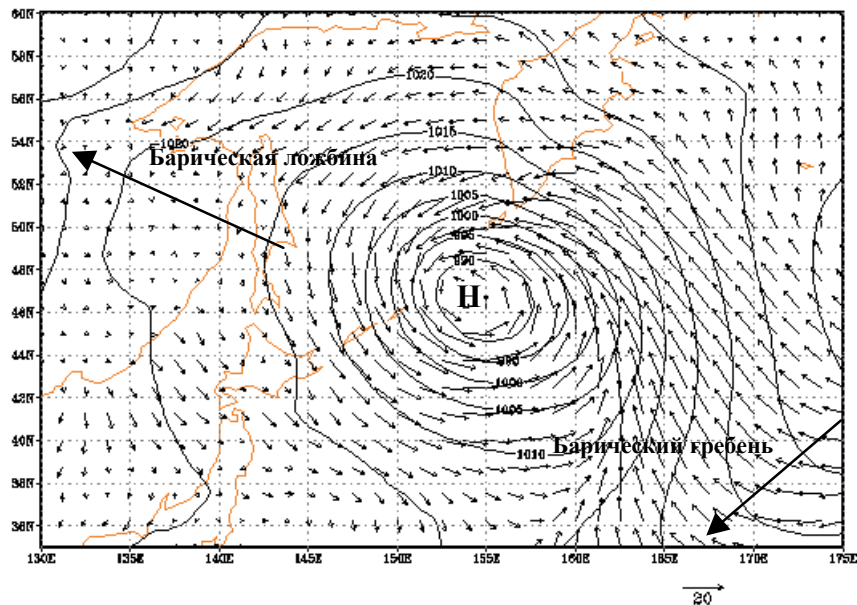


Рис. 7.2. Циклонический вихрь на уровне моря над Охотским морем и прилегающей акваторией Тихого океана 24 октября 2001 г. (информация Японского метеорологического агентства)

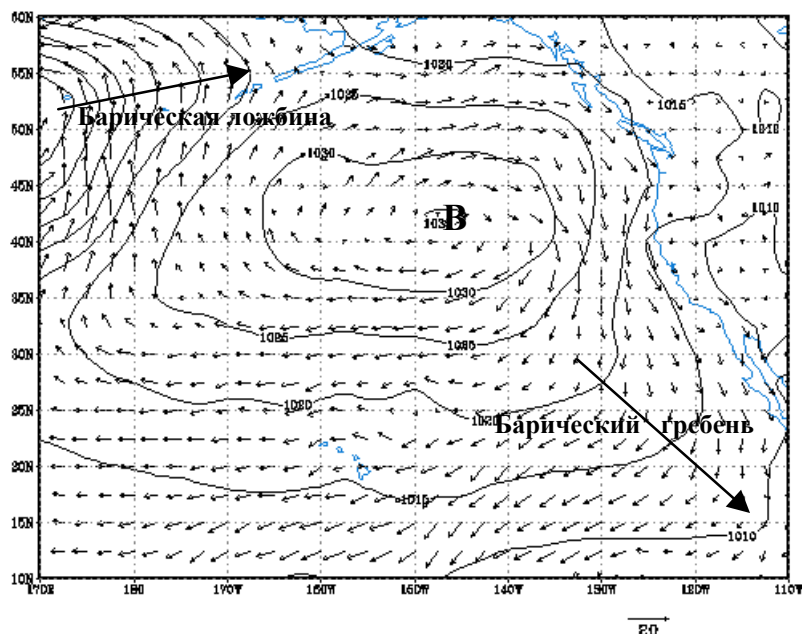


Рис. 7.3. Антициклонический вихрь над Тихим океаном 10 июля 2000 г.  
(информация Японского метеорологического агентства, уровень моря)

- *Барический гребень* – система изобар, обычно на периферии антициклона, направленная выпуклостью в сторону низкого давления (см. рис. 7.2 и 7.3).

Барические ложбины и гребни имеют горизонтальные оси, являющиеся для ложбины линией сходимости воздушных течений, для гребня – линией расходимости.

Сходимость воздушных течений к оси барической ложбины приводит к развитию восходящих движений воздуха и образованию облачности и осадков. Расходимость воздушных течений на оси барического гребня вызывает нисходящие движения и размывание облачности. Ось барической ложбины является удобным местом для встречи воздушных масс различных свойств, т.е. для образования и обострения атмосферных фронтов.

- *Струйное течение* – перенос воздуха в виде узкого течения с большими скоростями в верхней тропосфере и нижней стратосфере. Длина СТ – тысячи км, ширина – сотни км, вертикальная мощность – несколько км. Струйное течение имеет ось, где наблюдаются максимальные скорости ветра. Условно за нижний предел скорости для струйного течения принята скорость 30 м/с, на оси струи скорости могут превышать 50-100 м/с. Струйные течения были открыты сравнительно недавно – в 1945 г., при выполнении полетов в верхней тропосфере и стратосфере американскими ВВС в районе Японии.

Сдвиг ветра по вертикали в области струйного течения – около 5-10 м/с на 1 км по вертикали, и 10 м/с на 100 км по горизонтали. Зоны струйных течений – это зоны огром-

ных запасов кинетической энергии атмосферы. Для анализа тропосферных струйных течений используются карты  $AT_{300}$  и карты максимальных ветров.

## 7.2. Информативность карт барической топографии

В арсенале синоптика имеется различная информация – карты, графики, диаграммы. При использовании карт барической топографии необходимо ясно представлять какой информативностью обладают карты барической топографии

- *Карта  $AT_{850}$  – уровень стандартной изобарической поверхности 850 мбар* – этот уровень расположен около 1.5 км. Поле температуры на данной карте довольно близко к сглаженному приземному термическому полю – здесь исчезают мелкие особенности, связанные с орографией, различием термических свойств подстилающей поверхности, и выступают на первый план более крупные и важные детали поля температуры. Карта  $AT_{850}$  используется для определения положения фронтальных разделов у поверхности Земли.

- *Карта  $AT_{700}$*  используется в качестве ведущего потока – как следует из теории И.А. Кибеля, приземные барические образования, атмосферные фронты, воздушные частицы у поверхности Земли перемещаются в направлении устойчивого воздушного потока над ними на высоте 4-6 км со скоростью, пропорциональной этому потоку. Так вот нередко именно карта  $AT_{700}$  используется в качестве ведущего потока.

Кроме того, изменения геопотенциала на поверхности  $AT_{700}$  от срока к сроку указывают на развитие или ослабление барических образований, т.е. на динамические изменения давления.

Карта  $AT_{700}$  (вместе с картой  $OT_{500/1000}$ ) служит основой для построения карты термобарического поля тропосферы, указывая на направление перемещения очагов тепла или холода, что дает очень важный материал для будущего прогноза погоды.

- *Карта  $AT_{500}$*  наглядно показывает картину барического поля средней тропосферы. Карта  $AT_{500}$  отражает поле переноса (ведущий поток тропосферы). Здесь наглядно представлены и зоны динамических изменений давления – области сходимости или расходимости воздушных течений, области с увеличением или уменьшением густоты изогипс в направлении нормали к ним, изменением циклонической или антициклонической кривизны изогипс. Карта  $AT_{500}$  показывает высотную фронтальную зону – зону больших барических и термических контрастов и сильных ветров, обладающую большими запасами энергии атмосферы, которая расходуется на образование и поддержание жизни циклонов и антициклонов.

• *Карта  $AT_{300}$*  располагается вблизи верхней границы тропосферы, показывая не только барическое поле около уровня 9 км, но и положение областей сильных ветров (струйных течений). Струйные течения помогают уточнить стадии развития барических образований (обычно циклон возникает на тёплой, антициклонической стороне струйного течения, к закату своей жизни он перемещается уже на циклоническую, холодную сторону, для антициклона – картина обратная), положения атмосферных фронтов. Карта  $AT_{300}$  используется для прогноза перемещения оси струйных течений и областей максимальных ветров в тропосфере.

• *Карта  $OT_{500/1000}$*  служит для анализа положения высотных фронтальных зон, очагов тепла и холода в нижней половине тропосферы, анализа эволюции барических образований. Над передней частью развивающегося (углубляющегося) циклона у поверхности Земли располагается гребень тепла, в его тылу – ложбина холода, и чем сильнее контраст между ними, тем активнее будет развиваться циклон. Когда над приземным центром циклона располагается очаг холода на  $OT_{500/1000}$ , условия для его развития становятся неблагоприятными, и циклон обычно заполняется.

Над передней частью развивающегося (усиливающегося) антициклона на приземной карте погоды располагается ложбина холода, в его тылу – гребень тепла, и чем сильнее контраст между ними, тем активнее будет развиваться антициклон. Когда над приземным центром антициклона располагается очаг тепла на  $OT_{500/1000}$ , антициклон становится малоподвижным барическим образованием, которое разрушается.

По карте  $OT_{500/1000}$  оценивают такую метеорологическую величину, как термический ветер. С помощью последнего есть возможность оценить направление адвекции тепла или холода. Скорость термического ветра пропорциональна горизонтальному градиенту температуры, т.е. густоте изогипс.

По исследования Ж.Д. Зубяна, фронтам окклюзии на картах  $OT_{500/1000}$  соответствуют гребни тепла, однако, не всякому гребню тепла обязательно соответствует фронт окклюзии. По карте  $OT_{500/1000}$  можно с уверенностью определить фронт окклюзии, только, когда ось гребня тепла соответствует фронту окклюзии на приземной карте погоды.

#### **7.4. Обзор синоптического положения за предыдущие сутки**

Поскольку одним из основных принципов синоптического анализа является историческая последовательность, то обязательной процедурой для синоптика является обзор



синоптического положения за предыдущие сутки. Только имея правильное представление о предшествующем развитии атмосферных процессов, о перемещении и эволюции синоптических объектов за прошедший период, можно дать правильную оценку их текущего состояния и судить о тенденции их будущего развития.

Обзор предположительно должен включать анализ основных барических образований у поверхности Земли и на высотах, определение стадии развития барического образования, анализ атмосферных фронтов и воздушных масс, содержать указания по направлению будущего перемещения и эволюцию барического образования.

#### **Анализ основных барических образований у Земли:**

- Географическое положение барического образования, давление в центре.
- Направление смещения за предыдущие сутки, скорость смещения.
- Изменение давления за прошедшие сутки.
- Горизонтальная протяженность барического образования (величина большой и малой полуоси или диаметр, в случае квазикруговых изобар). Изменение её за последние сутки).

#### **Анализ вертикальной структуры основных барических образований:**

- Контраст температуры в слое 1000-500 гПа в градусах /1000 км и в гп. дам на 1000 км относительно приземного центра барического образования (по  $OT_{500/1000}$ ) и сравнение с предыдущими значениями.
- Вертикальная протяженность барического образования, изменение за предыдущие сутки и наклон пространственной оси.
- Положение очагов тепла и холода, адвекция тепла или холода по  $OT_{500/1000}$  относительно приземного центра, изменения за прошедшие сутки.
- Положение нулевой изотенденции относительно центра барического образования, изменение её за прошедшие сутки, интенсивность изаллобарических очагов.

#### **Анализ атмосферных фронтов:**

- Измерить контрасты температуры воздуха в градусах на 1000 км в зонах холодного и тёплого фронтов для двух точек на каждом фронте на приземной карте,  $AT_{850}$ ,  $OT_{500/1000}$ . На приземной карте и на  $AT_{850}$  контраст температуры определяют как разность температур на концах нормали к фронту, длиной 1000 км (по 500 км откладывается в сторону тёплой и холодной воздушных масс). На  $OT_{500/1000}$  расстояние в 1000 км откладывается в сторону холодной воздушной массы. Здесь разность значений относительного геопотенциала

на концах нормали показывает контраст температуры в гп. дам на 1000 км, а разность, делённая пополам, даст контраст температуры в градусах Цельсия (°C) на 1000 км).

- Определить интенсивность высотной фронтальной зоны на карте  $AT_{500}$  в зоне фронтов в гп. дам на 1000 км, для чего провести нормаль 1000 км к изогипсам так, чтобы большая часть фронтальной зоны укладывалась на нормали. Разность геопотенциальных высот на концах нормали покажет интенсивность фронтальной зоны в гп. дам на 1000 км. В случае очень широкой фронтальной зоны можно строить нормаль длиной 1500 км, или 2000 км, а затем рассчитать её интенсивность на 1000 км.

- Описать условия погоды вдоль линий атмосферных фронтов.

#### **Воздушные массы:**

Рассмотреть свойства воздушных масс, разделённых линиями атмосферных фронтов, обратить внимание на условия погоды в различных секторах барического образования. Выявить однородные воздушные массы на картах, связанные с циклонами и антициклонами. Для этого:

- Определить положение и тип тёплой или холодной воздушной массы;
- Описать условия погоды в воздушной массе;
- Оценить стратификацию воздушной массы, используя данные об облачности, видимости, явлениях погоды;
- Оценить устойчивость воздушной массы, для чего рассчитать средний вертикальный градиент температуры воздуха по слоям: Земля-850, 850-700, 700-500 гПа.
- По стратификации и распределению температуры точки росы у Земли и на высотах оценить вертикальную протяженность внутримассовой облачности.
- **По всем имеющимся данным анализа карт определить стадию барического образования, указать возможное направление будущего перемещения и эволюцию барического образования**