

## 15. ПРОГНОЗ СИНОПТИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ

- **Синоптическое положение – это совокупность взаимно связанных воздушных масс, фронтов, циклонов, антициклонов и других атмосферных объектов над некоторым участком Земной поверхности, определяющая состояние погоды.**

Прогноз синоптического положения заключается в прогнозе перемещения и эволюции циклонов и антициклонов, атмосферных фронтов и воздушных масс. Прогноз синоптического положения является основой последующего прогноза погоды. От правильности и полноты прогноза синоптического положения зависит прогноз всех элементов и явлений погоды. С другой стороны, прогноз погоды в отдельном пункте или небольшом районе нередко зависит не только от общей синоптической обстановки, но, в большой степени, от региональных физико-географических и циркуляционных условий.

В настоящее время наиболее эффективным методом прогноза синоптического положения является гидродинамический. На основе гидродинамических моделей предвычисляются поля приземного давления и поля абсолютной топографии различных изобарических поверхностей.

После выдачи результата в виде определённого поля производится корректировка полученных полей на основе имеющейся дополнительной информации, включая данные метеорологических спутников Земли.

**Большая роль при этом отводится качественно-физическим заключениям синоптика, которые базируются на ряде положений синоптической практики:**

- Знание общих физических закономерностей и сохранение исторической последовательности в развитии атмосферных процессов и выявлении их тенденции;
- Сопоставление с развитием атмосферных процессов в других, но аналогичных синоптических ситуациях;
- Знание физико-географических особенностей и местных климатических особенностей района прогноза, правил хода метеорологических величин и их изменений под влиянием региональных воздействий;
- Знание правил и связей между элементами погоды, установленных в результате региональных синоптико-статистических исследований;

- Знание влияния упрощающих предположений данной численной схемы, которая не всегда учитывает аномальность перемещения барических образований, орографию местности;

- Знание систематических ошибок данной модели для конкретного региона и т.д.

На этих же принципах основываются и прогнозы элементов и явлений погоды.

Атмосферные процессы настолько сложны, что численные методы не во всех случаях могут учесть многие особенности этих процессов с той полнотой и глубиной, как это может сделать квалифицированный синоптик.

Поэтому, наряду с гидродинамическими моделями, в ежедневной прогностической широко используются прогнозы и корректировка приземного поля давления на основе синоптического метода.

- **Синоптический метод – это метод анализа и прогноза атмосферных макропроцессов и условий погоды на больших пространствах с помощью синоптических карт и вспомогательных к ним средств (аэрологических диаграмм, вертикальных разрезов атмосферы, спутниковой информации и пр.)**

Исторически синоптический метод прогноза предусматривает использование эмпирических правил, приёмов и способов, дающих возможность определения будущей эволюции и географического положения синоптических объектов.

### **15.1. Последовательность построения карты будущего синоптического положения**

**Обычная процедура построения карты будущего синоптического положения состоит в следующих последовательных операциях:**

- Анализ синоптического положения по фактическим картам погоды и оценка тенденции будущих его изменений.

- Прогноз будущего положения центров барических образований, осей ложбин и гребней.

- Прогноз знака и интенсивности эволюции центров существующих барических образований, эволюции атмосферных фронтов осей ложбин и гребней и прогноз возникновения новых барических образований.

- Расчёт давления в произвольно выбранных точках поля.

- Проведение изобар.
- Определение положения атмосферных фронтов.

Поскольку прогноз будущего положения атмосферных фронтов неразрывно связан с прогнозом и эволюцией барических образований и прогнозом приземного барического поля, положение фронтов необходимо обязательно увязывать с прогнозируемым положением циклонов и барических ложбин. Поэтому прогноз будущего положения атмосферных фронтов составляется после прогноза барического поля.

Начинать прогноз синоптического положения следует с комплексного анализа имеющейся синоптической информации.

#### **Анализ структуры барических систем (по фактическим картам погоды)**

- Определяется стадия развития барических образований, для чего анализируются:
  - ✓ Изменение давления в барическом образовании за предыдущие сутки,
  - ✓ Вертикальная протяженность барического образования,
  - ✓ Наклон высотной оси,
  - ✓ Соотношение величин адвекции тепла и холода в передней и тыловой частях барического образования,
  - ✓ Положение фронтальной зоны и оси струйного течения.
- Анализируются особенности перемещения барического образования.
- Исходя из уравнения вихревой составляющей тенденции вихря скорости в натуральных координатах даются качественные оценки наблюдающейся эволюции барического образования.

Следующим этапом является прогноз географического положения барических систем.

### **15.2. Прогноз географического положения барических образований**

Прогноз будущего географического положения барических образований может быть осуществлен на основе экстраполяции вектора скорости барического образования за предшествующие сроки. Применяются формальная линейная и нелинейная экстраполяция.

Применение формальной экстраполяции дает удовлетворительные результаты при прогнозе на срок до 24 ч.

Кроме этого, применяется физическая экстраполяция (правило ведущего потока – правило Троицкого).

- **Правило ведущего потока: барические образования у поверхности Земли в большинстве случаев перемещаются по направлению устойчивого воздушного потока над ними на высоте поверхности АТ<sub>700</sub> или АТ<sub>500</sub> со скоростью, пропорциональной скорости на соответствующей поверхности**

В среднем коэффициент пропорциональности между скоростью ведущего потока и скоростью перемещения барических образований составляет 0.8 для АТ<sub>700</sub> и 0.6 для АТ<sub>500</sub>.

При применении физической экстраполяции необходимо учитывать аномальность перемещения барических образований относительно ведущего потока (правила Мерцалова).

#### **Правила Мерцалова:**

- Центр циклона перемещается в сторону усиливающейся адвекции тепла или ослабевающей адвекции холода,
- Центр антициклона перемещается в сторону усиливающейся адвекции холода или ослабевающей адвекции тепла,
- Антициклон имеет тенденцию перемещается туда, где геопотенциал вышележащей поверхности повышается быстрее или понижается медленнее,
- Циклон имеет слагающую перемещения, направленную в сторону, где геопотенциал вышележащей поверхности локально понижается быстрее, либо, если всюду идет повышение геопотенциала, в сторону, где повышение идет медленнее всего.

Рабочая формула для расчёта нормальной составляющей скорости приземного барического центра:

$$C_n = \frac{-312 \frac{\partial}{\partial t} H_n}{\frac{\partial^2 P_0}{\partial n^2}},$$

где  $\frac{\partial}{\partial t} H_n$  – в гп. дам на 1000 км за сутки,  $\frac{\partial^2 P_0}{\partial n^2}$  в гПа на (500км)<sup>2</sup>.

При определении скорости и направления перемещения приземных барических образований можно применять эмпирические правила, которые обычно используются при отсутствии карт барической топографии.

**Эмпирические правила для оценки скорости и направления перемещения приземных барических образований:**

- *Правило наклона оси.* Приземный центр циклона (антициклона) перемещается перпендикулярно проекции своей высотной оси (линии, соединяющей географическое положение центра барического центра на приземной карте и  $AT_{700}$ ). Причем, высотный центр циклона остается слева для циклона и справа для антициклона.

Это правило оправдывается, если проекция высотной оси совпадает с горизонтальным температурным градиентом на  $OT_{1000}^{500}$ .

- *Правило изаллобарической пары.* Приземный центр циклона (антициклона), имеющий изаллобарические очаги, смещается параллельно линии, соединяющей точки с экстремальными тенденциями в областях падения и роста давления в сторону падения (роста) давления.

Это правило оправдывается, если замкнутые изобары, очерчивающие центр барического образования, близки к круговым и имеется хорошо выраженная изаллобарическая пара, очаги которой располагаются примерно на одинаковом расстоянии от центра барического образования.

- Если барическое образование с круговыми изобарами имеет только один хорошо выраженный изаллобарический очаг, то барическое образование смещается в направлении прямой, соединяющей его центр с центром изаллобарической области.

4 Барическое образование с эллиптическими изобарами смещается в направлении, промежуточном между направлением его большой оси и прямой, соединяющей центры очагов роста и падения давления.

- Если хорошо выражена только одна из изаллобарических областей, то центр барического образования смещается в направлении, между направлением его большой оси и прямой, соединяющей его центр с центром изаллобарической области.

- *Правило изобар тёплого сектора (правило Бьеркнеса-Сульдберга).* Приземный центр циклона перемещается параллельно изобарам тёплого сектора, оставляя последний справа.

Правило оправдывается, если изобары в тёплом секторе совпадают с изогипсами  $OT_{1000}^{500}$ , следовательно правило можно применять для неокклюдиванного циклона.

- *Правила перемещения сопряженных барических образований.* Два примерно одинаковых по размерам и интенсивности барических образования, очерченные общей замкнутой внешней изобарой, вращаются вокруг общего центра против часовой стрелки для циклонического возмущения и по часовой стрелке – для антициклонического.

Общий центр располагается примерно посередине линии, соединяющей барические центры.

- Если на периферии основного циклона (антициклона) возникает новое циклоническое возмущение или ложбина (отрог или ядро), то вновь возникшее барическое образование движется по периферии более мощного циклона (антициклона) против часовой стрелки (по часовой стрелке).

- *Перемещение барических образований в заключительных стадиях развития.* Когда циклоны (антициклоны) становятся высокими (начиная с третьей стадии развития), то их скорость резко уменьшается. Заполняющиеся циклоны (антициклоны) являются квазисимметричными и холодными (тёплыми). В средней тропосфере они имеют замкнутые изогипсы, т.е. ведущий поток определённого направления над центром уже отсутствует, и барические образования, как правило, становятся малоподвижными (квазистационарными). При этом центр иногда описывает петлю.

- *Циклоническая серия.* При перемещении циклонической серии с запада на восток каждый следующий циклон серии перемещается южнее предыдущего. Небольшие подвижные антициклоны (промежуточные и заключительные) перемещаются с той же скоростью, что и находящиеся впереди них циклоны.

- *Правило Петерсена* Циклон движется туда, где ветры слабые. Циклон с сильными ветрами в передней части замедляет свое движение и быстро заполняется.

### **15.3. Прогноз эволюции барических образований**

Основным признаком, указывающим на характер будущей эволюции приземных барических образований на срок не более 12 ч, является распределение барических тенденций относительно центра (оси) данного барического образования.

**Правила прогноза эволюции барических образований по изаллобарам:**

- Если нулевая изаллобара проходит в передней части циклона (антициклона), то в течение ближайших 6-12 ч циклон будет заполняться (антициклон – разрушаться).

- Если нулевая изаллобара проходит в тыловой части циклона (антициклона), то в течение ближайших 6-12 ч циклон будет углубляться (антициклон – усиливаться).

В полной мере эти правила применимы для прогноза эволюции ложбин и гребней.

- Положительные изобарические тенденции в центре циклона при отсутствии условий для его регенерации служат признаком продолжения его заполнения в течение будущих 24-36 ч с вероятностью 90%.

- Отрицательные тенденции в центре антициклона при отсутствии условий для его регенерации служат признаком продолжения его разрушения в течение будущих 24-36 ч с вероятностью 70%.

- Отрицательные тенденции в центре циклона или положительные – в центре антициклона не являются достаточным признаком для прогноза эволюции на сроки свыше 12 ч, поскольку процессы заполнения циклонов или разрушения антициклонов являются более устойчивыми во времени, чем процессы углубления циклона или усиления антициклона.

- Приближенная количественная оценка будущего изменения давления в центре барического образования, либо на оси барической ложбины или гребня (на сроки не более 12 ч) может быть дана по распределению барических тенденций в области барического образования.

Для этого от центра проводятся радиусы 250 км (4-8 радиусов) и вычисляется среднее значение барической тенденции по данным метеорологических станций на расстоянии данных радиусов. Среднее значение умножается на число 3-часовых интервалов в промежутке времени, на который составляется прогноз.

В случае резко асимметричных центров к полученному значению барической тенденции вводится поправка: разность между давлением в точке, находящейся впереди рассматриваемого центра и позади него. Точки лежат на линии, совпадающей с направлением перемещения барического центра. Расстояние до каждой точки от приземного центра должно соответствовать ожидаемому перемещению центра в течение будущих 6 ч и за 6 ч до исходного срока.

#### **Правила прогноза эволюции углубляющегося циклона:**

Если в момент составления прогноза наблюдается углубление циклона, то для оценки его будущей эволюции в предстоящие 24-36 ч необходимо проанализировать характер термобарического поля над циклоном, положение линии, соединяющей очаги

падения и роста давления в области циклона, относительно его центра, характер изменения интенсивности изаллобарических очагов во времени и изменение их расстояния от центра циклона.

Здесь применимы следующие положения.

- Наличие зоны тепла (холода) на  $OT_{1000}^{500}$  над приземным центром углубляющегося циклона служит признаком его углубления (заполнения) в предстоящие 24-36 ч.

- Если над приземным центром углубляющегося циклона (усиливающегося антициклона) контраст значений геопотенциала  $OT_{1000}^{500}$  составляет не менее 12 гПа/500 км, то в течение предстоящих 24 ч. циклон будет продолжать углубляться (антициклон – усиливаться) с вероятностью 64% для циклонов и 90% для антициклонов.

- Если над приземным центром углубляющегося циклона (усиливающегося антициклона) контраст значений геопотенциала  $OT_{1000}^{500}$  не превышает 6 гПа/500 км, то в течение предстоящих 24 ч. следует ожидать прекращения углубления циклона (усиления антициклона) и перехода к заполнению (разрушению) с вероятностью 62% для циклонов и 56% для антициклонов.

- Удаление линии, соединяющей изаллобарические очаги циклона, от его центра является признаком того, что углубляющийся в данный момент времени циклон скоро начнет заполняться.

- На скорое прекращение углубления циклона указывает начавшееся увеличение расстояния между его центром и очагом падения давления в передней части циклона. Чем быстрее удаляется очаг падения от центра циклона, тем скорее начнется заполнение циклона.

В случае заполняющегося циклона и разрушающегося антициклона для оценки эволюции применяется линейная и нелинейная экстраполяция. Для этого определяется изменение давления за прошедшие 6 или 12 ч, которое затем экстраполируется на будущий период.

#### **15.4. Прогноз возникновения новых барических образований**

Прогноз возникновения новых барических образований является наиболее сложной задачей, решить которую не всегда возможно. Обычно более менее удовлетворительные результаты могут быть получены на срок не более 12 ч. Здесь необходимо руководствоваться следующими положениями.

### Правила для прогноза возникновения барических образований:

- Циклоны, как правило, возникают под малоподвижными высотными фронтальными зонами (ВФЗ), на их тёплой стороне, т.е. справа от наибольшего сгущения изогипс, если смотреть по потоку.

- В холодной части ВФЗ (слева от наибольшего сгущения изогипс) циклоны возникают редко и обычно не получают развития. Вне ВФЗ возникают термические депрессии.

- Наиболее благоприятные условия для возникновения циклонов создаются в передней части высотной барической ложбины при наличии сильной адвекции холода в его тылу.

Здесь полезным является анализ вихревой составляющей уравнения тенденции вихря скорости (уравнение Бугаева):

$$\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} = \frac{1}{m\ell} \mathbf{H}_n (\mathbf{H}_n \kappa_s + \mathbf{H}_{ns} \kappa + \mathbf{H}_{nns}),$$

где

$\mathbf{H}_n$  – градиент геопотенциала на  $AT_{500}$ ,  $\kappa$  – кривизна изогипс,

$\kappa_s$  – изменение кривизны по потоку,

$\mathbf{H}_{ns}$  – расходимость или сходимость изогипс (изменение градиента геопотенциала по потоку),

$\mathbf{H}_{nns}$  – изменение градиента геопотенциала по потоку и по нормали к изогипсам (данным слагаемым обычно пренебрегают).

- По отношению к приземным фронтам циклоны чаще всего возникают на малоподвижных участках холодных фронтов или у точки окклюзии.

- Возникновение циклонов на тёплых фронтах наблюдается практически не наблюдается, поскольку на тёплом фронте редко создаются условия, когда в тыл возникающего циклона происходит адвекция холодного воздуха, без чего невозможно образование холодного фронта вновь образующегося циклона.

- Появление области падения давления в зоне малоподвижного фронта, особенно при наличии области роста давления в холодном воздухе, является надежным признаком образования нового циклона. Причем, чем меньше барические градиенты в области начавшегося падения давления, тем вероятнее возникновение циклона.

- Признаком возникновения циклона у точки окклюзии является более сильное падение давления возле неё, чем падение давления в центральной части циклона. Веро-

ятность возникновения циклона тем больше, чем меньше барические градиенты возле точки окклюзии.

- Отметим, что у точки окклюзии циклоны возникают довольно часто, но редко развиваются в глубокие циклоны, поскольку у точки окклюзии градиенты геопотенциала и температуры не достигают больших величин, и структура термобарического поля тропосферы не всегда способствует значительному понижению давления в районе точки окклюзии.

#### **Циклогенетические формы-предвестники образования циклонов по анализу спутниковых снимков облачности:**

- *Образование циклона у точки окклюзии.* Известно, что по мере окклюдирования циклона зона температурных контрастов, а вместе с ней и струйные течения постепенно смещаются на южную периферию циклона.

Если процесс окклюдирования протекает быстро, тёплый воздух активно вытесняется вверх, его температур быстро сравнивается с температурой холодного воздуха. При этом не образуется того узкого термического гребня, который характерен для окклюзии. В этих случаях точка окклюзии расположена по струйным течением и здесь сохраняются температурные контрасты.

В облачном поле признаком быстрого окклюдирования является отсечение центральной части облачного вихря облачностью струйного течения. В области точки окклюзии сохраняется высокая плотная облачность, северный край которой резко очерчен. Признаком начинающегося циклогенеза служит появление выбросов перистых облаков впереди точки окклюзии и прогиб тылового края облачности в сторону тёплого сектора.

- *Изолированная облачная шапка.* Иногда на спутниковых снимках на фоне нефронтальной облачности появляется скопление кучевообразных облаков в виде изолированной облачной шапки, занимающее значительную площадь (рис. 15.4). Появление такой «шапки» служит признаком появления локального циклона в данном районе с заблаговременностью до 2 суток. Признаком начала формирования циклона является уплотнение облачности, как бы сжатие всей системы с боков, увеличение крутизны в сторону холодного воздуха и появление выбросов перистых облаков.

Дальнейшее развитие такого циклона будет зависеть от синоптических условий. При благоприятных условиях циклон развивается и приобретает структуру фронтального циклона, проходя в последующем все стадии развития.

Обязательным условием циклогенеза в этом случае является адвекция холода в тылу «шапки» и адвекция тепла в её передней части.

- *Облачная шапка, связанная с фронтом.* Облачные шапки могут появляться и непосредственно на малоподвижных холодных фронтах с развитой и слабо развитой облачной системой.

Они могут формироваться слева от фронта в холодном воздухе, изолированно от фронтальной облачности (отделяться просветом или более низкой облачностью). Для образования циклона в данном районе также необходимо наличие адвективной термической пары в области облачной шапки.

Причем, если «шапка» возникает в зоне малоподвижного фронта со слабо развитой облачной системой, то циклогенез здесь обычно протекает вяло, размеры возникающего циклона невелики, однако, возникает зона осадков.

#### **Антициклогенетические формы-предвестники образования циклонов по анализу спутниковых снимков облачности:**

- Антициклоны, как правило, возникают под малоподвижными высотными фронтальными зонами (ВФЗ), на их холодной стороне, т.е. слева от наибольшего сгущения изогипс, если смотреть по потоку.

- В тёплой части ВФЗ (справа от наибольшего сгущения изогипс) антициклоны возникают редко и обычно не получают развития. Вне ВФЗ возникают термические антициклоны.

- Наиболее благоприятные условия для возникновения антициклонов создаются в тыловой части высотной барической ложбины при наличии сильной адвекции тепла в его тылу.

- Распространение положительных барических тенденций на тыловую часть гребня является достаточно информативным признаком образования ядра в этом гребне.

### **15.5. Прогноз перемещения и эволюции атмосферных фронтов**

Прогноз будущего положения атмосферных фронтов неразрывно связан с прогнозом перемещения и эволюции барических образований, ложбин и гребней.

Наиболее простым и часто применяемым способом определения будущего положения атмосферных фронтов является линейная и нелинейная экстраполяция. Полученное будущее положение фронта следует согласовать с прогнозом перемещения ба-

рических образований. Прогнозируемое положение фронта должно совпадать с прогнозируемым положением барической ложбины, связанной с данным фронтом.

**Эмпирические правила для прогноза перемещения атмосферных фронтов:**

- Скорость перемещения холодного фронта приблизительно равна составляющей скорости градиентного ветра, перпендикулярной фронту.
- Скорость тёплого фронта примерно на 30% меньше составляющей скорости градиентного ветра, перпендикулярной фронту.
- Составляющая скорости градиентного ветра в этом случае рассчитывается с помощью обычной градиентной линейки, которая располагается на линии данного участка фронта между двумя изобарами.
- Фронт движется тем быстрее, чем больше падает давление перед фронтом и растёт за ним.
- В области заполняющегося циклона фронты движутся медленнее, чем в области углубляющегося циклона.

**Эмпирические правила для прогноза эволюции атмосферных фронтов:**

- Циклогенез способствует обострению фронта, антициклогенез – деградации (размыванию) фронта.
- Быстро движущиеся фронты, расположенные в плоских ложбинах, как правило, размываются за счёт энергичного перемешивания в зоне фронта тёплой и холодной воздушных масс.
- По мере смещения фронта воздушная масса, поступающая за ним изменяет свойства (трансформируется), что, в свою очередь, приводит к изменению активности фронта.
- Если в результате сопоставления данных за два последовательных срока (для исключения суточного хода промежутков времени между последовательными моментами времени выбирают равным 24 ч) выявится, что среднее влагосодержание столба воздуха от Земли до уровня поверхности 500 гПа в зоне фронта убывает со временем, это указывает на размывание фронта. Увеличение влагосодержания свидетельствует об обострении фронта.

- Если область падения давления наблюдается по обе стороны фронта – это признак обострения фронта, рост давления по обе стороны фронта – признак его размывания в ближайшие 6-12 ч.

- Фронт обостряется, если над ним на уровнях 700 и 500 гПа наблюдается расходимость потоков, а падение давления перед фронтом больше, чем рост за ним. При сходимости потоков над фронтом на уровнях 700 и 500 гПа и меньшем падении перед фронтом, чем росте за ним – фронт размывается.

- Фронты возникают или обостряются, если ось растяжения барического деформационного поля близка по направлению к изотермам фронтальной зоны.

### 15.6. Расчёт давления в точках поля

Пункты для расчёта будущего давления выбирают произвольно, но так, чтобы они были равномерно распределены на рассматриваемой территории и число их было бы достаточным для последующего уверенного проведения изобар. Расстояние между ближайшими выбранными пунктами не должно превышать 400 км.

#### Способы расчёта давления в пунктах:

- Способ переноса приземного давления вдоль изогипс  $AT_{700}$  или  $AT_{500}$ .
- Способ, основанный на расчёте по барическим тенденциям вдоль пути переноса.

В основе способ переноса приземного давления вдоль изогипс лежит теоретическое положение, что локальные изменения приземного давления в значительной степени обусловлены его адвекцией (адвективный способ).

Второй способ расчёта давления в точках основывается на учете барических тенденций вдоль пути переноса воздушных частиц.

#### 15.6.1. Адвективный способ расчёта давления в точках поля

Локальные изменения давления во времени можно рассматривать как сумму его эволюционных (трансформационных) и трансляционных (адвективных) изменений:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \left(\frac{\partial P}{\partial t}\right)_{\text{эвол}} + \left(\frac{\partial P}{\partial t}\right)_{\text{трансл}}$$

Адвекция давления осреднённым воздушным потоком, являющимся аналогом ведущего потока, является одним из существенных факторов, обуславливающих локальные изменения в поле приземного давления.

В первом приближении принимается, что приземное барическое поле перемещается по направлению изогипс  $AT_{700}$  или  $AT_{500}$  со скоростью, пропорциональной скорости потока на этих поверхностях.

При этом необходим учет изменений полей  $AT_{700}$  или  $AT_{500}$ , которые могут произойти к моменту, для которого строится прогностическая карта.

На первом этапе прогноза строится прогностическая траектория способом обратного переноса (по двум картам – высотной прогностической и фактической).

Сначала на прогностической высотной карте  $AT_{700}$  или  $AT_{500}$  строится траектория (назад по потоку) для половины промежутка времени от начального момента до момента прогноза. Прогностическая карта учитывает возможные изменения высотного барического поля к моменту срока прогноза.

Полученная точка переносится на фактическую высотную карту и проводится аналогичная операция и определяется район, из которого осуществится перенос воздушной частицы в пункт прогноза (начало траектории).

Если отсутствуют высотные прогностические карты, то траектория строится по фактической карте с вводом поправок на ожидаемые изменения барического поля на основе приближённой оценки будущих изменений.

#### **Эмпирические правила для приближённой оценки будущих изменений барического поля**

- На уменьшение скорости перемещения высотных барических образований указывают:
  - ✓ Ослабление интенсивности очагов падения или роста геопотенциала в окрестностях данного барического образования,
  - ✓ Увеличение со временем расстояния между центром высотного циклона (антициклона) и очагом падения (роста) геопотенциала в его передней части,
  - ✓ Развитие барического образования в высоту и уменьшение наклона высотной оси.
- Циклон (антициклон) перемещается, отклоняясь в сторону большой полуоси от прямой, соединяющей его центр с центром очага падения (роста) геопотенциала в передней части,
- Если изогипсы барического образования близки к круговым, то циклон (антициклон) будет смещаться вдоль прямой, соединяющей его центр с центром очага падения (роста) геопотенциала.

- Чем меньше длина барических волн, тем больше скорость их перемещения,
- Короткие волны, длина которых в умеренных широтах составляет примерно 1-3 тыс. км, перемещаются чаще всего со средней скоростью общего западного течения,
- Длинные волны (7-10 тыс. км и более) часто бывают малоподвижными, и поле геопотенциала в этом случае изменяется сравнительно медленно.

#### **Оценка эволюции барического поля по анализу поля изаллогипс:**

Знак изменения давления на высотах имеет большую устойчивость во времени, чем у поверхности Земли, поэтому применение экстраполяции здесь дает удовлетворительные результаты.

- Если нулевая изаллогипса проходит в тылу циклона (антициклона), так, что его центр оказывается в области отрицательных (положительных) изаллогипс, циклон (антициклон) будет углубляться (усиливаться).
- Если центр циклона (антициклона) находится в области положительных (отрицательных) изаллогипс, циклон (антициклон) будет заполняться (разрушаться).

#### **Эволюция высотного барического поля связана с эволюцией приземных барических образований:**

- Циклон (антициклон) на уровне  $AT_{700}$  или  $AT_{500}$ , как правило, будет углубляться (усиливаться) при его углублении (усилении) у поверхности Земли. Однако, после начавшегося заполнения (разрушения) циклона (антициклона) у поверхности Земли в средних слоях тропосферы некоторое время ещё продолжается его углубление (усиление).
- Наиболее существенная перестройка высотного барического поля происходит, когда два высотных циклона (антициклона) объединяются в одну обширную барическую систему.

После оценки возможной перестройки высотного барического поля окончательно строится траектория и если в исходный срок не ожидается эволюции и аномальности перемещения барических образований у Земли вдоль линии переноса, давление в начальной точке переноса в исходный срок принимается за прогнозируемое давление в пункте прогноза.

Практически всегда барические образования испытывают более или менее существенную эволюцию, поэтому к исходному давлению в начальной точке траектории необходимо ввести соответствующую поправку.

**Эволюционная поправка:**

- Если рассматриваемый пункт прогноза окажется вблизи центра циклона (или вблизи оси ложбины или гребня) у поверхности Земли, то поправка принимается равной величине ожидаемого изменения давления в центре барического образования (оси ложбины или гребня). При усилении антициклона или заполнении циклона поправка будет положительной, при углублении циклона или разрушении антициклона – отрицательной,

- Для пунктов, которые окажутся на удалении от барических центров (или осей барических ложбин или гребней), величина поправки берется пропорциональной ожидаемому изменению давления в барическом центра и времени, в течение которого данный пункт будет находиться в области барического образования у поверхности Земли. Значение поправки можно определить, интерполируя величину изменения давления в 2-х соседних барических центрах, между которыми будет находиться пункт прогноза.

**Поправка на аномальность перемещения барических образований:**

Когда ожидается, что барические образования у Земли будут перемещаться в резком несоответствии ведущему потоку, следует ввести дополнительную поправку на аномальность перемещения:

- В непосредственной близости от места ожидаемого положения барического центра эта поправка равна разности между значениями давления в исходный срок в центре циклона (антициклона) у Земли и в начальной точке пути переноса, полученной без учета аномальности.

- Для пунктов, находящихся в том или ином удалении от центра абсолютная величина дополнительной поправки, соответственно, уменьшается.

- При значительной аномальности перемещения более приемлемый результат получается, если брать путь переноса не вдоль изогипс, а параллельно траектории ожидаемого перемещения барического центра у поверхности Земли. Скорость переноса принимается равной ожидаемой скорости перемещения барического центра.

**15.6.2. Способ расчёта давления в точках поля по барическим тенденциям**

Давление принимается равным:

$$P_{\text{прогн}} = P + \kappa \frac{\bar{\partial P}}{\partial t},$$

где  $\kappa$  – число 3-часовых интервалов, укладываемых в период  $(t_0 + t_{\text{прогн}})$ ,  $\frac{\bar{\partial P}}{\partial t}$  – среднее значение барометрической тенденции вдоль пути переноса.

#### Этапы прогноза:

1. Строится прогностическая траектория способом обратного переноса (по двум картам – высотной прогностической и фактической),

2. Траектория разбивается на участки с примерно одинаковыми значениями  $\frac{\partial P}{\partial t}$  на каждом участке,

3. Определяется среднее значение  $\frac{\partial P}{\partial t}$  вдоль пути переноса воздушной частицы как алгебраическое среднее из значений, полученных для всех участков с учетом их относительной длины (т.е. с учетом вклада  $\frac{\partial P}{\partial t}$  на каждом участке).

4. Рассчитывается  $\kappa \frac{\bar{\partial P}}{\partial t}$  и, наконец,  $P_{\text{прогн}} = P + \kappa \frac{\bar{\partial P}}{\partial t}$ .

Если ожидается, что в течение суток знак изменения давления сменится на противоположный, то определяется примерное время этого перехода. Затем находится средняя величина барометрической тенденции отдельно для промежутка времени  $\Delta t_1$ ,

когда будет происходить, например, падение давления  $(\frac{\partial P}{\partial t})_{\Delta t_1}$ , отдельно – для про-

межутка времени  $\Delta t_2$ , когда будет происходить, например его рост  $(\frac{\partial P}{\partial t})_{\Delta t_2}$ .

Полученные величины  $(\frac{\partial P}{\partial t})_{\Delta t_1}$ ,  $(\frac{\partial P}{\partial t})_{\Delta t_2}$  умножают на число 3-часовых интер-

валов, укладываемых в каждом промежутке времени и находят среднее  $\frac{\bar{\partial P}}{\partial t}$  по всему интервалу времени.

### 15.6.3. Оформление прогностической карты

Для каждого пункта расчёт производится по возможности двумя способами. Результаты сравниваются. При хорошем согласовании значений давления, рассчитанных двумя способами ( $P_1 - P_2 \leq 2...3$  гПа), за будущую величину можно принять любое из значений давления, либо их среднее.

Если данные значительно различаются, то, во-первых, необходимо выяснить причины расхождения (уточнить траекторию, пересчитать значения и т.д.) и решить, какому способу отдать предпочтение.

При быстром перемещении барических образований и воздушных частиц, лучшие результаты дает, как правило, первый способ (в случае быстрого переноса процессы трансформации не успевают значительно проявиться).

Когда вблизи данного пункта прогноза не ожидается ярко выраженных барических центров, а также при отсутствии прогностических высотных карт – лучшие результаты, как правило, дает второй способ расчёта.

Затем проводятся изобары через 5 гПа (при необходимости можно проводить промежуточные изобары), после чего производится согласование особых точек поля (центры барических образований, осей барических ложбин и гребней). После проведения изобар в поле давления могут обнаруживаться детали, не предусмотренные ранее – смещение центров барических образований, изменение положения атмосферных фронтов, ложбин и гребней.

Полученная прогностическая карта синоптического положения является основой для будущего прогноза условий погоды.

### **15.7. Оценка приземной прогностической карты**

При ошибке в положении центра барического образования, не превышающей 200 км – оценка не снижается.

При ошибке в положении центра барического образования, превышающей 200 км, но не более 500 км – оценка снижается на 0.3 балла.

Если ошибка в положении центра барического образования превышает 500 км, оценка снижается на 0.5 баллов.

Если образовался новый барический центр или существующий исчез, что не было предсказано, оценка снижается на 0.5 баллов.

Если ожидалось образование нового барического центра или исчезновение существующего, что не было предсказано, оценка снижается на 0.5 баллов.

Если ошибка в прогнозе интенсивности центра не превышает 4 гПа, оценка не снижается; если ошибка превышает 5-9 гПа, – оценка снижается на 0.3 балла, от 10 до 14 гПа – на 0.5 балла, более 15 гПа – оценка снижается на 1 балл.

Если ошибка в положении фронта на всём протяжении не превышает 250 км, оценка не снижается; ошибка от 250 до 500 км – оценка снижается на 0.2 балла, ошибка превышает 500 км – оценка снижается на 0.5 балла. Если фронт не был дан, но он фактически наблюдался и вызвал ухудшение погоды, оценка снижается на 0.7 балла.